



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE ECONOMÍA

**SUSTENTABILIDAD DE LA GANADERÍA EN SONORA,
MÉXICO. UNA APLICACIÓN DEL MODELO DEA AL SECTOR
BOVINO EXTENSIVO.**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN ECONOMÍA

PRESENTA
YAMILET MOTTE NOLASCO

ASESORA: DRA. ROSARIO HAYDEE PÉREZ ESPEJO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, UNAM

MÉXICO, DF, ENERO DE 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“...the amount of resources required to maintain current levels of efficiency will increase proportionally as human consumption increases. If efficiency is not increased, the resources will be destroyed or damaged. The consequence could be a collapse of human and other species. We cannot foresee if there will be place for humanity in the new equilibrium of nature.”
Thompson y Nardone (1999)

AGRADECIMIENTOS

Al posgrado en Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México, sus docentes y personal administrativo, por permitirme generosamente continuar mi formación profesional.

A mi familia. Sin su amor incondicional, sus palabras de aliento y su apoyo en todos los aspectos jamás habría concluido esta tesis, no encuentro palabras suficientes para agradecerles y expresarles lo afortunada que soy de tenerlos a mi lado: mis maravillosos padres Eloína y Álvaro, a mis adoradas hermanas y mejores amigas Arlette, Lissette y Evelyn. Asimismo, a mis tías Edith y Edna, a mi cuñado Ricardo Alberto y a mis preciosas sobrinitas Constanza, Arantxa y Elena.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante la realización de los estudios de maestría.

A mi tutora, la Dra. Rosario Pérez, ejemplo de profesionalismo, sin cuyo respaldo durante la elaboración de la tesis simplemente habría sido imposible su conclusión. Le agradezco su apoyo para continuar con mi formación profesional.

Estoy en deuda con los sinodales de la tesis: el Dr. Rafael Borrayo, al que quiero expresar mi reconocimiento por su orientación respecto a la elección de la metodología. A la Dra. Consuelo González, en cuya clase de Sustentabilidad Integral pude aclarar el rumbo de la investigación y por ayudarme a mi crecimiento personal. A Dr. Fernando Rello, mi admiración por su profesionalismo. Al Dr. José Luis Dávalos le agradezco por animarme y sus finas atenciones.

A las personas que conocí durante la elaboración del trabajo de campo en Sonora, también quiero expresarles mi gratitud por su apoyo desinteresado y todas sus atenciones que me hicieron sentir como en casa y con ganas de volver: Al Ing. Rogelio Alcaraz, gerente de la Unión Ganadera Regional de Sonora, así como a todo el personal de la Unión que tan amablemente me atendió. A la Dra. Emma Paulina Pérez y al Dr. Ernesto Camou, por compartir generosamente sus conocimientos y su tiempo para conocer el Ejido Salvador Alvarado. A la Mtra. Migdelina López, quien también me compartió generosamente su información y su tiempo y a la Mtra. Araceli Andablo, investigadora de CIAD.

También mi agradecimiento al Dr. Esteban Labrandero Íñigo y a la Ing. Claudia Zavala, que me proporcionaron información sobre el Padrón Ganadero Nacional.

También quiero reconocer a quienes pasaron de ser compañeros de maestría para convertirse en amigos entrañables: Simon Daniel, Alfredo Martínez y Tere García. A mi amiga Rosario Melquiades, por su amistad de todos estos años, a David Mendoza por leer este trabajo y a Pepe Villagómez su cariño en el último tramo de este esfuerzo.

Sé que aún quedan muchas personas por mencionar, una disculpa por no poner sus nombres pero una vez más, gracias.

Contenido

Resumen	9
Introducción	10
Justificación de la investigación	10
Planteamiento del problema	13
Objetivos	16
Hipótesis.....	17
Capítulo 1. Marco teórico	18
1.1 El medio ambiente y la economía	18
1.2 La degradación de suelos provocada por la ganadería y la teoría económica	21
1.3 Degradación de suelos	26
1.3.1 Causas de la degradación de suelos.....	28
1.3.2 Consecuencias de la degradación de suelos	30
1.4 La sustentabilidad y las prácticas de mejoramiento de suelos de uso ganadero	31
1.4.1 Relación entre sobrepastoreo y sustentabilidad	33
1.4.2 Prácticas de manejo de ganado y mejoramiento de suelos.....	35
1.4.3 PROGAN.....	39
1.4.4 La ganadería holística	41
Capítulo 2. El espacio de estudio	44
2.1 Situación geográfica y agroecológica de Sonora.....	44
2.1.1 Generalidades	44
2.1.2 Agua y clima	45
2.1.3 Vegetación y eco-regiones	48
2.1.4 La erosión en Sonora.....	51
2.2 Contexto de la ganadería en Sonora	53
2.2.1 El papel de las exportaciones de becerros hacia Estados Unidos.....	53
2.2.2 El impulso del gobierno a la actividad ganadera.....	57
2.2.3 El sobrepastoreo en Sonora	59
2.2.4 El zacate buffel	64

2.2.5 Emisión de gases de efecto invernadero (GEI).....	66
2.3 Indicadores de la ganadería bovina en Sonora	69
2.3.1 Impacto socioeconómico	69
2.3.2 Características de las unidades de producción	71
Capítulo 3. Metodología	74
3.1 Materiales y métodos	74
3.1.1 Cuestionario	75
3.2 Estratificación de los ganaderos.....	76
3.3. El Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	78
3.3.1 El modelo básico	79
3.3.2 Las variables de holgura (slacks)	82
3.3.3 La eficiencia de escala	84
3.4 Extensiones del modelo DEA.....	90
3.4.1 Eficiencia gráfica hiperbólica.....	90
3.4.2 Eficiencia direccional.....	91
3.4.3 Supereficiencia	91
3.4.4 Variables no discrecionales	92
3.4.5 Ejemplos de aplicación del modelo DEA al medio ambiente.....	95
3.5 El modelo DEA aplicado a los ganaderos sonorenses	98
3.6 Extensiones al modelo DEA aplicadas a los ganaderos sonorenses.....	102
Capítulo 4. Resultados y discusión	106
4.1 Características de los productores pecuarios.	106
4.2 Características de las unidades de producción pecuaria.	108
4.2.1 Ubicación, tipo de propiedad y extensión	108
4.2.2 Tipo de ganadero y estructura del hato	111
4.2.3 Costos e ingresos.....	112
4.3 El análisis envolvente de datos (DEA)	115
4.3.1. Análisis de las variables	115
4.3.2 Resultados de los modelos DEACRSIOT y DEAVRSIOT aplicado a los ganaderos sonorenses	118
4.3.3 Modelo con precios DEACRSIOTP	119
4.3 Resultado de las extensiones del modelo DEA aplicadas a los ganaderos sonorenses.....	121

4.3.1. Supereficiencia	121
4.3.2. Las variables de mejoramiento de suelos y manejo de ganado	121
4.3.3 Costos de prácticas.....	124
4.3.4 Calidad del suelo	127
4.3.5 Análisis de segunda etapa.	128
4.4 Casos particulares de DMU	132
4.4.1 La DMU supereficiente.....	132
4.4.2 Dos resultados opuestos en el Ejido Aconchi.....	133
4.4.3 La DMU menos eficiente ¿exceso de recursos?.....	135
Capítulo 5. Conclusiones	137
Anexo 1	141
Anexo 2	148
Bibliografía	159

Resumen

La ganadería bovina extensiva en Sonora es una actividad relevante en términos socioeconómicos, pero la existencia de sobrecarga animal ha propiciado el sobrepastoreo y la degradación de suelos, lo que pone en entredicho su sustentabilidad en el largo plazo, porque el suelo es un recurso estratégico no renovable que es indispensable para el desarrollo de la actividad. Para analizar las características socioeconómicas de los ganaderos sonorenses, sus costos, ingresos y el manejo que realizan de los recursos de sus ranchos, se elaboró un cuestionario que se aplicó a veintiún ganaderos, con la finalidad de explorar la relación entre las variables para la producción de ganado y las prácticas de manejo de suelos que implementan y conocer si son compatibles los aspectos económicos y ambientales que se traduzcan en una producción sustentable de ganado bovino de pastoreo en Sonora. Se aplicó un modelo de dos etapas en el que se utilizó el análisis envolvente de datos (DEA) Los resultados obtenidos de la pequeña muestra que se trabajó deben contemplarse como un estudio exploratorio, pudiéndose conseguir conclusiones más rotundas con una muestra de mayor tamaño. No se encontró relación entre el número de prácticas aplicadas y la eficiencia productiva, pero sí entre ésta y la calidad del suelo, que es un elemento clave. El número de cabezas inscritas en PROGAN no tuvo relación con la eficiencia técnica. Si bien el monto de este apoyo podría ser insuficiente para cubrir los costos de muchas prácticas de manejo, este programa es muy importante porque ha concientizado a los ganaderos sobre la necesidad de un manejo integral, además es un instrumento de gran relevancia para reducir la brecha de financiamiento existente para los ganaderos que desean mejorar sus predios. La asesoría técnica es otra variable clave, debe colocarse como pieza central de los apoyos a la ganadería, pues sí se implementa manejo pero debe corregirse la sobrecarga animal y el sobrepastoreo.

Introducción

Justificación de la investigación

Uno de los cambios más notables en el sector agropecuario es la tendencia mundial al incremento de la producción y consumo de cárnicos desde 1960. La tasa de crecimiento promedio anual de la producción mundial de ganado bovino en pie entre 1961 y 2009 es de 0.79% y la de carne bovina es de 0.61% para los mismos años, lo que implica que hay un 31.37% más cabezas de res y se produce 22.79% más carne en 2009 si se compara con los datos de 1961.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ha estimado que tendencia ascendente de la producción de carne de res continuará en el largo plazo, estimulada por la demanda de países subdesarrollados, ya que en éstos continúan los procesos de urbanización y el aumento del poder adquisitivo en algunas capas de la población, que propician la llamada “occidentalización de la dieta”, caracterizada por mayor contenido calórico, la incorporación de cárnicos, azúcares refinados, lácteos y grasas en detrimento de la alimentación tradicional basada en cereales locales, tubérculos y otros frutos.

No obstante, esta intensificación de la producción pecuaria en general –y bovina en particular– es una causa importante de daños al medio ambiente, de acuerdo con un estudio de la FAO publicado en el año 2006, con el título *Livestock Long Shadow* (Steinfeld et al., 2009)

Entre estos daños, incide en la degradación de suelos directamente por el sobrepastoreo, la compactación y la erosión resultantes de la acción del ganado e indirectamente por la deforestación para ampliar la frontera ganadera a través de la conversión de bosques a pastizales.

También el sector es un emisor importante de gases de efecto invernadero (GEI) totales. Produce el 9% de las emisiones de CO₂ por cambios en el uso del

suelo, el 37% del metano que proviene del proceso de digestión entérica de los rumiantes y el 65% del óxido nitroso, mayoritariamente proveniente del estiércol, además del 64% de las emisiones de amonio que contribuyen a la lluvia ácida (Steinfeld, et al., 2009)

De igual forma, es responsable de la contaminación del agua por las excretas de los animales, antibióticos, hormonas, fertilizantes y plaguicidas usados en los cultivos forrajeros y los sedimentos de pastizales erosionados. Afecta la recarga de acuíferos por los procesos de compactación del suelo y al incrementar la deforestación, a su vez lo hacen las escorrentías y reduce los cursos de agua.

Con base en lo anterior es clara la conveniencia de profundizar en el estudio de estos problemas y proponer alternativas con la finalidad de contrarrestar sus efectos negativos. Existen dificultades para cuantificarlos con exactitud, pero es innegable la existencia de costos ambientales que deben ser internalizados por los productores pecuarios, porque deben asumir la responsabilidad que les corresponde en este problema, pero sobre todo tomar conciencia de que serán los más afectados por la reducción y degradación de los recursos en el largo plazo.

En este balance debe ponderarse el hecho de que los herbívoros –en particular los rumiantes– tienen la capacidad de convertir las plantas, que son fuente de energía de baja eficiencia de conversión, en productos alimenticios que de otro modo no estarían disponibles para los seres humanos. Cerca de un cuarto del total del suelo a nivel mundial son pastos adecuados para la alimentación de los herbívoros. En los sistemas mixtos que combinan cultivos y pastoreo, estos animales juegan un papel ambiental destacado, ya que al alternar cultivos y pastos, se rompe el ciclo biológico de insectos, hongos y malezas, lo que reduce la necesidad de herbicidas e insecticidas (Thompson & Nardone, 1999)

El problema es complejo, pues no se trata solamente de las cuestiones biofísicas y medioambientales, sino que también están las económicas y sociales, porque “la cría de ganado constituye el medio de vida de cientos de millones de personas y representa una fuente cada vez más importante de proteínas en

muchas regiones que han luchado durante mucho tiempo contra el hambre y la desnutrición crónica.” (FAO, 2013)

En México la ganadería es una actividad ampliamente extendida, que ocupa 109 millones de hectáreas, es decir, aproximadamente el 56% del territorio nacional.¹ De acuerdo con el VIII Censo Agropecuario realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), existen 1.13 millones de unidades agropecuarias que producen bovinos en todos los estados de la República. De estas tierras, 68 millones de hectáreas de agostadero y 11 de praderas registran una condición muy pobre por el sobrepastoreo, la carencia de infraestructura y el mal manejo del ganado y por ello se obtiene un bajo porcentaje de producción de forraje respecto a su potencial (Universidad Autónoma Chapingo, 2006)

El estado de Sonora, ubicado en el noroeste de México, es un área de estudio relevante porque la producción de ganado vacuno es una actividad tradicional y con una cultura muy arraigada que “provoca daños ambientales difíciles de revertir” (López et al., 2010, p. 239) La degradación de suelos causada por el sobrepastoreo² es un daño ambiental apreciable en la entidad, por lo cual se constituye como un objeto de estudio privilegiado para dar alternativas a esta problemática.

Desde principios de la década de 1980 ya había indicios de las consecuencias del sobrepastoreo en el estado, como señalan Nicolás Reig (1982) y Emma Paulina Pérez (1993) Hay estudios científicos que vinculan el sobrepastoreo y la menor cubierta vegetal con mayores temperaturas en Sonora

¹ Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Informe de la situación del medio ambiente. Compendio de estadísticas ambientales 2008, http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/02_ecosistemas/cap2_4.html consultado el 10 de diciembre de 2011.

² De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés), se entiende por sobrepastoreo el “El pastoreo inapropiado [que] puede ser definido como la práctica de apacentar demasiado ganado durante un período muy prolongado en tierras incapaces de recuperar su vegetación, o como el apacentamiento de rumiantes sobre terrenos inadecuados para esta actividad, debido a ciertos parámetros físicos tales como su pendiente. El sobrepastoreo implica que el número de animales excede la capacidad productiva de la tierra de apacentamiento o de los pastos. Sin embargo pueden haber otros factores involucrados o contribuyendo a la degradación de la tierra bajo pastoreo tales como cambios de clima. Los problemas medioambientales que causa pueden ser erosión del suelo, destrucción de la vegetación, deterioro en la calidad del agua y otros problemas relacionados con esos procesos.”

(Bryant, et al., 1990; Balling, et al., 1998) Entre las consecuencias está el deterioro de los ecosistemas que ocasiona una reducción significativa de la biodiversidad, pérdida de la cubierta vegetal, reducción en la materia orgánica en el suelo, incremento en la generación de partículas y cambios significativos en los ciclos bioquímicos. Los cambios en la estructura de la vegetación pueden afectar la atmósfera en escala local y regional, lo que implica que existe un potencial significativo para la retroalimentación positiva que amplifique esos cambios.

Planteamiento del problema

Como se desprende del apartado anterior, la ganadería bovina extensiva es una actividad que puede llegar a degradar fuertemente los recursos, en el caso particular de Sonora existe relación entre la sobrecarga animal y la degradación de suelos, que pone en entredicho la sustentabilidad de la producción pecuaria en el largo plazo.

Desde el punto de vista de la economía se requiere establecer la razón por la que se presionan los recursos y qué alternativas pueden ofrecerse. Para la teoría económica convencional, el estudio de los problemas de la sobreexplotación de los recursos naturales –del suelo en particular– se incorpora sólo en forma marginal, prevalece la idea de que se trata de externalidades que deben ser corregidas a través de la asignación de derechos de propiedad, creación de mercados y otros mecanismos. Pero su aplicación ha tenido resultados modestos para la corrección del problema.

Por su parte, la economía ecológica y otras escuelas de pensamiento que se han desarrollado (y retomado) en las últimas décadas para interpretar y dar respuestas a las cuestiones ambientales, reflejan la preocupación de la academia, los sectores gubernamentales y diversidad de grupos de ciudadanos, para avanzar en el cambio de paradigma en la economía, en el que el medio ambiente se visualice como un sistema mayor del que la economía sólo es una parte, por lo que es central la consideración de las limitaciones biofísicas al crecimiento.

Se ha argumentado que la pobreza es una de las causas centrales de la degradación de recursos, ya que como menciona Morales (2005) existe una

relación inversa entre ingreso rural y sobrecarga animal. Sin embargo, las estadísticas oficiales disponibles se encuentran a un nivel muy agregado que imposibilita indagar a fondo la relación pobreza-degradación en Sonora.

Otra perspectiva para el análisis se basa en el argumento del tipo de tenencia de la tierra. En el artículo clásico sobre “La tragedia de los comunes”, Hardin (1968) menciona que los recursos de uso común se agotan porque los usuarios del suelo, en este caso los ganaderos, perciben una ganancia al introducir una cabeza de ganado adicional, pero las pérdidas por degradación de suelos se reparten entre todos, así que al razonar de este modo terminan por arruinar el suelo. Pero Sonora es una entidad atípica, porque, como en otros estados del norte del país –de acuerdo con el VIII Censo Agropecuario de INEGI– el tipo de propiedad preponderante es la privada, (el 70.53% de la superficie agropecuaria), aunque también tiene los mayores ejidos ganaderos del país, por lo que no sería clara la existencia del problema de los recursos comunes citado por Hardin. Por ello cabe preguntarse qué tipo de ganadero es el que hace un uso intensivo del recurso suelo en la entidad.

Analizar una muestra representativa de los ganaderos sonorenses requeriría tiempo, dinero y esfuerzos considerables, por lo tanto se cambió la perspectiva del análisis y el interés se centró en investigar las características de los que podrían hacer un uso *sustentable* de un insumo fundamental para la producción ganadera bovina: el suelo. Se supuso que los que tendrían la motivación económica y la información adecuada sobre el buen manejo de sus ranchos serían los ganaderos grandes, definidos de este modo por el número de cabezas que poseen.

Se decidió buscar una metodología que por una parte requiriera la elaboración de un número reducido de encuestas y por otra permitiera trabajar este sesgo de la muestra, de modo que se utilizó el método no paramétrico del Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis, DEA) para analizar la estructura productiva del rancho y las variables ambientales. Es una metodología relativamente reciente pero que cuenta con muchas aplicaciones en campos de estudio diversos alrededor del mundo, sin embargo en América Latina y en México

en particular se emplea poco, por lo que es un área de oportunidad que merece ser explorada.

Los modelos DEA a menudo se acompañan de otros modelos para analizar las variables no discrecionales, es decir, aquellas que pueden influir en la frontera de posibilidades de producción de las entidades que se estudian, ya que al ser una técnica no paramétrica se excluyen los efectos aleatorios o exógenos. Se les llama modelos de segunda etapa o multietápicos.

En esta tesis se hace uso de la segunda etapa para relacionar la eficiencia técnica de los ganaderos para la producción de becerros con las variables de manejo de suelos y de ganado. Éstas se refieren a la aplicación de medidas consideradas como necesarias para el desarrollo sustentable de la actividad. De este modo, se estableció una jerarquía entre los ganaderos entrevistados y se exploró si la aplicación de un mayor número de prácticas, así como su pertenencia al principal programa para la ganadería bovina sustentable en el país, el PROGAN, influyen en la eficiencia de esta pequeña muestra. Se encontró que no es clara esta relación y que entre los ganaderos grandes hay una gran heterogeneidad, por lo que se recomienda ampliar la muestra y los periodos de estudio a considerar.

La estructura de la tesis es la siguiente. En el primer capítulo se abordan por una parte los aspectos relacionados con la teoría económica y la degradación de suelos y por otra los que tienen que ver con aspectos biofísicos para determinar la sustentabilidad de la ganadería bovina extensiva, que se centra en el uso adecuado del recurso suelo, que debe dimensionarse como recurso estratégico en su carácter de no renovable.

En el segundo capítulo se exponen las características del estado de Sonora, que es el área de estudio. Se señalan las condiciones agroecológicas, los antecedentes de la ganadería bovina y la importancia de la actividad en la entidad. Posteriormente, en el capítulo tres se explica la metodología, que incluye el cuestionario, la estratificación de los ganaderos, la explicación del modelo DEA y sus extensiones para el análisis de segunda etapa y las variables de los modelos realizados.

En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos de la encuesta, el análisis de las variables y de los modelos DEA, así como la segunda etapa. Finalmente se presentan las conclusiones. A continuación se señalan los objetivos y las hipótesis que guiaron la elaboración de este trabajo.

Objetivos

Objetivo general:

Analizar las características socioeconómicas de los ganaderos sonorenses, sus costos, ingresos y el manejo que realizan de los recursos de sus ranchos, para explorar la relación entre la producción y las prácticas de manejo de suelos que implementan, con la finalidad de conocer si son compatibles los aspectos económicos y ambientales que se traduzcan en una producción sustentable de ganado bovino de pastoreo en Sonora.

Objetivos particulares:

- Definir cuáles son las prácticas de mejoramiento de suelos y cuáles son sus costos.
- Establecer el tipo de ganadero con base en el número de cabezas de ganado que posee, y determinar su modalidad de la producción (si el ganadero se dedica a la engorda, al pie de cría, a la venta de becerros), el tamaño de la unidad de producción pecuaria, sus costos e ingresos.
- Analizar si la aplicación de prácticas de mejoramiento de suelos en ranchos ganaderos bovinos en Sonora mejora su eficiencia relativa.
- Analizar la percepción de los ganaderos respecto a la degradación del suelo.
- Conocer el tipo de apoyo de políticas públicas que reciben para el mejoramiento de suelos.

Hipótesis

- H1. Los ganaderos sonorenses de tipo grande que se dedican a la producción de becerros son los que implementan prácticas de manejo de ganado y mejoramiento de suelos para su uso sustentable.
- H2. La eficiencia productiva de los ganaderos entrevistados se relaciona directamente con la aplicación de una mayor cantidad de prácticas de manejo.
- H3. El componente Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN) del Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria, instrumentado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) otorga un subsidio reducido que cubre un porcentaje muy pequeño de la superficie de la unidad de producción pecuaria.

Capítulo 1. Marco teórico

1.1 El medio ambiente y la economía

En la teoría económica convencional se estudia la asignación eficiente de recursos escasos a una multiplicidad de fines alternativos. El mecanismo a través del cual se realiza dicha asignación es el mercado, que regula el circuito económico en el que los factores de la producción –la tierra, el trabajo, el capital– reciben una compensación monetaria equivalente a su productividad marginal –es decir, su precio– la cual toma forma de renta, salarios y pago de intereses, por lo tanto los dueños de cada factor son compradores y vendedores en un circuito cerrado que está en perpetuo movimiento y tiende a un equilibrio en el largo plazo.

En esta simplificación, la naturaleza y el medio ambiente juegan un papel secundario. Sin embargo, desde la década de 1960, un grupo de científicos y políticos empezaron a alertar sobre los crecientes problemas ambientales, producto del rápido ritmo de intensificación de la actividad económica que había iniciado desde la Revolución Industrial, de forma que el paradigma dominante de crecimiento económico ilimitado fue seriamente cuestionado. Los problemas ambientales nos enfrentan a las contradicciones que existen entre los sistemas económico, social y ambiental. Cada uno tiene sus escalas y dinámicas que no se corresponden de manera unilateral, y el único consenso entre la mayoría de los investigadores y autoridades respecto al abordaje de sus interacciones es que resulta sumamente compleja.

La teoría económica ha incorporado estas cuestiones en tres campos: la economía de los recursos naturales, la economía ambiental y la economía ecológica. En el segundo se han desarrollado la mayoría de los conceptos y los instrumentos que se utilizan en la actualidad. Los orígenes de la economía ambiental se remontan a los trabajos de Pigou (1920) y Coase (1960) sobre

economía del bienestar, los cuales, si bien no se referían a temas medioambientales de forma específica, sentaron las bases para estudios posteriores a partir de los conceptos de producto marginal social y privado y los “efectos externos en la esfera de la producción”, de modo que la problemática ambiental se considera esencialmente como una externalidad del sistema económico. (Pérez Espejo, et al., 2010)

Las externalidades se generan cuando la utilidad –y por consiguiente el bienestar– de algún agente económico se ve afectada por la existencia una variable que es generada por otros, los cuales no pagan o reciben, en compensación por esta variable, los costos o beneficios marginales ocasionados. Las externalidades pueden ser positivas o negativas, aunque la atención se ha centrado en estas últimas, tal es el caso de la contaminación causada por la industria o los consumidores. La variable no es estimada debido a fallas de mercado o la ausencia de éste, lo cual se relaciona con la existencia de bienes públicos.³

Con base en esto, se han propuesto diversos instrumentos para corregir la externalidad. Uno es la asignación de derechos de propiedad para lograr que se haga responsable al que contamina y valore el bien, como ocurre en la creación de mercados de permisos o certificados de carbono. En otros casos se ha aplicado la intervención regulatoria del gobierno a través de impuestos y normas, bajo el principio “el que contamina paga”, además de incentivos fiscales, financieros y mecanismos de cumplimiento voluntario de metas ambientales. Asimismo, se han desarrollado diversas técnicas de valoración, en particular para estimar la demanda de bienes y servicios ambientales. Hay tres enfoques, los de preferencias reveladas, preferencias declaradas y mercados híbridos. (Pérez Espejo, et al., 2010)

En contraste con este cuerpo teórico, la economía ecológica se preocupa por los límites biofísicos de la tierra para sostener la actividad humana. Esta corriente

³Los bienes públicos puros cumplen con las características de no-rivalidad y no-exclusión. La primera se refiere que son bienes cuyo costo para proveerlos a una persona adicional es cero, es decir, no se reduce su cantidad al ser distribuido a un número grande de consumidores, por ejemplo la señal radiofónica. La no exclusión se da cuando resulta imposible o sumamente costoso evitar que los consumidores hagan uso del bien, por ejemplo excluir a algunas embarcaciones del servicio que da un faro. (Pérez Espejo, et al., 2010)

crítica comenzó a tener mayor desarrollo y difusión a partir de la década de 1980. Sus antecedentes incluyen los aportes de numerosos investigadores de distintas ramas del conocimiento (ecología, biología, física) ya que el análisis multi y transdisciplinario es una de sus características. Trabajos pioneros como los de Nicholas Georgescu-Roegen incorporaron las nociones de la ecología y las leyes de la termodinámica para enfatizar que hay límites al crecimiento económico y que todos los procesos económicos requieren energía y generan desechos.

Admitir la existencia de estas restricciones ha abierto el debate para un cambio de paradigma en la economía, que genera alternativas eficientes en términos técnicos, pero no sustentables en términos ecológicos o sociales. Se propone entonces considerar una escala espacial y temporal amplia, reconocer la complejidad de los sistemas y la imposibilidad de sustituir libremente los factores productivos, aceptar la importancia de la equidad intra e intergeneracional, entre otras muchas cuestiones. También se rechaza el PIB como medida de bienestar y el crecimiento económico sostenido, ya que al PIB se le deben restar los costos ambientales; incluso hay formas novedosas de medición como la huella ecológica. Diversidad de corrientes han surgido a partir de estos planteamientos. Estudios como el de Bravo Peña (2009) utilizan el enfoque de las ciencias de la complejidad, el cual pretende entender la totalidad de un problema a partir de las interacciones entre todos sus componentes, lo que implica una visión holística y continua de los fenómenos. Se resalta la importancia de la totalidad, la no regularidad de las relaciones causa-efecto en los hechos sociales, y la no linealidad de la historia humana entre diferentes pueblos y culturas. Se critica lo simplificación extrema producto del paradigma científico dominante, que no garantiza una visión integrada del todo con la simple agregación de los resultados generados al caracterizar cada componente del conjunto, desde diferentes marcos teóricos y desde distintas perspectivas disciplinarias. Por ello resulta crucial la identificación de las propiedades emergentes de los sistemas complejos y explorar su comportamiento.

Otras corrientes alternativas son la ecología política y el ecomarxismo. El primero puede definirse como un espacio de reflexión que propone una visión

interdisciplinaria para comprender la degradación ecológica, haciendo énfasis en las relaciones de poder implícitas en el acceso, uso, manejo y control de los recursos naturales. Este enfoque resulta útil para dilucidar los mecanismos sociales o económicos que originan un reparto desigual de los costos de la degradación ecológica. (Bravo Peña, 2009)

El eco-marxismo enfatiza las relaciones del capital con el deterioro ecológico y sus formas contemporáneas de capitalización de la naturaleza. A la contradicción entre el capital y el trabajo, se añade la del capital y la naturaleza. El desarrollo del capitalismo entraña la degradación de los ecosistemas, la destrucción del potencial productivo y amenaza las posibilidades mismas reproducción del capital y del sistema económico. Los costos de producción crecen conforme se deteriora el medio ambiente, lo que disminuye las ganancias y con el tiempo la rotación del capital. Para mantener los niveles de ganancia hay diversas estrategias: cambio tecnológico, cambios en el costo de las materias primas, menores salarios para la fuerza de trabajo, valores agregados o incentivos económicos a los procesos de producción “verdes”, subsidios gubernamentales, etc. (Bravo Peña, 2009)

Los enfoques alternativos se enfrentan a dificultades que van desde la reticencia a admitir el cambio de paradigma y continuar con la explotación desmedida del ambiente, hasta aspectos prácticos como la complicación en la formación de grupos de trabajo multi y transdisciplinarios, así como la elaboración de instrumentos sencillos que faciliten la toma de decisiones.

1.2 La degradación de suelos provocada por la ganadería y la teoría económica

Los estudios empíricos sobre la degradación de suelos en general y debidos a la ganadería en particular reflejan la multiplicidad de enfoques económicos y sus dificultades. Tradicionalmente se han abocado a calcular el valor del suelo y el de las pérdidas asociadas a su degradación.

Respecto a las causas que propician el mal uso del recurso suelo, el artículo sobre “La tragedia de los comunes” de Hardin (1968) se ha convertido en un ejemplo clásico sobre el manejo de un recurso de uso común –que es un bien no excluyente– pero si es rival, es decir, que el uso que hace de él una persona disminuye la cantidad disponible para otros:

“La tragedia de los recursos comunes se desarrolla de la siguiente manera. Imagine un pastizal abierto para todos. Es de esperarse que cada pastor intentará mantener en los recursos comunes tantas cabezas de ganado como le sea posible. [...] Como un ser racional, cada pastor busca maximizar su ganancia. Explícita o implícitamente, consciente o inconscientemente, se pregunta, ¿cuál es el beneficio para mí de aumentar un animal más a mi rebaño? Esta utilidad tiene un componente negativo y otro positivo.

1. El componente positivo es una función del incremento de un animal. Como el pastor recibe todos los beneficios de la venta, la utilidad positiva es cercana a +1.

2. El componente negativo es una función del sobrepastoreo adicional generado por un animal más. Sin embargo, puesto que los efectos del sobrepastoreo son compartidos por todos los pastores, la utilidad negativa de cualquier decisión particular tomada por un pastor es solamente una fracción de -1.

Al sumar todas las utilidades parciales, el pastor racional concluye que la única decisión sensata para él es añadir otro animal a su rebaño, y otro más... Pero esta es la conclusión a la que llegan cada uno y todos los pastores sensatos que comparten recursos comunes. Y ahí está la tragedia. Cada hombre está encerrado en un sistema que lo impulsa a incrementar su ganado ilimitadamente, en un mundo limitado. La ruina es el destino hacia el cual corren todos los hombres, cada uno buscando su mejor provecho en un mundo que cree en la libertad de los recursos comunes. La libertad de los recursos comunes resulta la ruina para todos.” (Hardin, 1968)

Con base en lo anterior, la teoría económica convencional centró parte de sus esfuerzos en la definición de derechos de propiedad como solución a este problema.

Otra de las causas centrales que propician la degradación de suelos es la pobreza. En el libro *Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales* (Morales, 2005) se presentan los resultados del proyecto “Indicadores socioeconómicos de la desertificación”, bajo auspicio de la CEPAL y de la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) realizado entre 2002 y 2003, desarrollado en Argentina, Brasil y Chile. Se buscó subsanar la carencia de

indicadores socioeconómicos de la desertificación, de los que se conocía menos en comparación con los indicadores biofísicos y trabajaron en la construcción de un modelo econométrico explicativo para analizar el fenómeno de la desertificación y su relación con la pobreza.

Morales (2005) estudió las unidades de producción campesina o familiares de pequeño tamaño en Chile que se caracterizan por disponer de poca tierra y agua y que tienen una baja productividad. Encontró como evidencia para inferir la vinculación entre la degradación de tierra, la desertificación y la pobreza, el hecho de que siete de cada diez pobres viven en áreas secas y degradadas. Este autor concuerda con el trabajo de Scherr y Yadav (1996) quienes hacen hincapié no sólo en las relaciones de causalidad entre ambos fenómenos, sino que ambos se refuerzan mutuamente, dando lugar a una espiral creciente de degradación y pobreza.

El gobierno mexicano comparte esta relación causal, como puede observarse en el Plan Nacional de Desarrollo –el principal documento que guía las acciones del Estado– donde se menciona que los esfuerzos de conservación de los recursos naturales y ecosistemas suelen verse obstaculizados por un círculo vicioso que incluye pobreza, agotamiento de los recursos naturales, deterioro ambiental y más pobreza. (Presidencia de la República, 2012)

Morales cita los trabajos clásicos de Chayanov (1966; 1974), quien observó que los pequeños productores campesinos implementan un conjunto de estrategias para asegurar la sobrevivencia del grupo familiar. Por ello se constituyen como una unidad productiva en la que se integra en las mismas personas físicas, las categorías de asalariado, productor y consumidor. Los recursos disponibles se utilizan intensamente para reunir el fondo común de ingresos necesarios para asegurar la subsistencia de la unidad productiva. Se sobreexplotan tanto la tierra como la fuerza de trabajo familiar y en este contexto los animales de cría tienen un importante papel ya sea como ahorro, para consumo o ambos. Se incorporan y se valorizan factores productivos marginales, como el trabajo de niños y ancianos y tierras marginales de poca productividad, además se recurre al trabajo fuera de la

unidad productiva campesina, a través de las migraciones temporales o permanentes que se traducen en el envío de remesas.

Al analizar la incidencia de las distintas variables en los procesos de degradación de recursos debidos a la acción humana, Morales (2005) subraya que hay una relación inversamente proporcional entre carga animal y superficie de explotación y entre carga animal e ingreso rural. En México también hay evidencia de que los pequeños productores de ganado bovino explotan superficies promedio reducidas y ejercen mayor presión sobre el suelo ya que cuentan con un número mayor de animales por unidad de superficie. (Universidad Autónoma Chapingo, 2006)

Y más allá de esta relación, encontró que la migración y la pobreza también están estrechamente relacionadas. La idea central de Morales (2005) es que un incremento en los ingresos provenientes de otras actividades puede aumentar la degradación, porque en lugar de abandonarse la tierra y dejar de producir, se continúan las malas prácticas subsidiadas por esos ingresos fuera del predio.

Cabe señalar que López Reyes (1999) y Bravo Peña (2009) consideran que más allá de la lógica del círculo vicioso pobreza-degradación, la búsqueda de ganancia sí se constituye como motor de la explotación de un medio físico con límites definidos. Por esta razón, si bien admiten que hay regiones con baja calidad de suelos que son explotadas por productores pobres, lo cierto es que las tierras degradadas no se ubican exclusivamente en las zonas de menor desarrollo económico. Existen regiones con actividades mineras, energéticas o con explotaciones agrícolas y ganaderas a gran escala, las cuales son altamente rentables y que en la búsqueda de altas tasas de ganancia en el corto plazo presionan fuertemente los recursos, en particular el suelo, sin atender a las consecuencias medioambientales ni mucho menos a las sociales.

En el trabajo de Lumley (2002) sobre la degradación de los suelos en Filipinas, se menciona que la teoría neoclásica estándar es frecuentemente poco conocida, poco entendida y difícil de cuestionar. Pero los temas sociales y ambientales son críticos donde la gente depende directamente del medio ambiente para subsistir, particularmente en países subdesarrollados o en áreas pobres que incluyen por lo general a las rurales.

En su caso de estudio, Lumley establece como objetivo central entender por qué los granjeros de ese país asiático no eran proclives a adoptar las técnicas de conservación de suelos agrícolas, aun cuando ellos sabían que las prácticas que en ese momento empleaban dañaban los suelos. La autora señala que no se ha puesto suficiente atención en las causas socioeconómicas de la degradación ambiental y la sobreexplotación de los recursos naturales. Su trabajo se basó en una encuesta realizada durante un periodo de 18 meses para obtener los datos de un año agrícola completo centrándose en aspectos financieros, por lo que una tesis central es que la falta de acceso al crédito formal impacta significativamente las prácticas culturales de los granjeros filipinos, en particular el uso no sustentable del suelo, que era resultado de la cada vez mayor mercantilización de la agricultura en Filipinas motivada por un incremento de la demanda de sus productos agrícolas en los mercados mundiales, además de la introducción de sistemas de tenencia de la tierra inequitativos (*inequitable tenure*). Finalmente, la autora explica que los agricultores filipinos son racionales cuando realizan sus decisiones de producción ya que se basan en responder a las necesidades más apremiantes de su grupo familiar en el corto plazo.

En el caso de México, cambios en el mercado externo también son los que inciden en la degradación del suelo, pero en este caso existe un doble efecto: por un lado, la competencia de la carne importada en la década de 1990 produjo un desplome de precios, esto redujo los ingresos de los ganaderos y la pérdida de rentabilidad. Los ganaderos repuesta a esta situación introducen más ganado (aumentan la carga animal) y sobrepastorean sus predios con la finalidad de compensar esta pérdida, provocando una degradación acelerada de los agostaderos y praderas “al ingresar a un círculo vicioso de mayor cantidad de ganado, mayor sobrepastoreo y menor ingreso” (Universidad Autónoma Chapingo, 2006) Por otro lado, en los estados exportadores de becerros y en Sonora en particular, la demanda norteamericana es decisiva porque cuando hay precios altos se desea producir más ganado sin pensar en los costos ecológicos.

Asimismo, se considera que los subsidios a la agricultura en muchos casos incentivan la adopción de prácticas ambientalmente dañinas, además de que las

políticas de apoyo en ocasiones marchan en direcciones opuestas. (Steinfeld, et al., 2009) En algunos países europeos se apoyan los precios de mercado de los productos agropecuarios, que son mayores respecto a los del mercado internacional. Hay evidencia de que los países con mayores apoyos exhibirían un desempeño ambiental y ecológico menor que los países en los que no existe dicho apoyo, ya que los productores se ven incentivados para incrementar su uso de energía, agua y agroquímicos. (Hoang & Alauddin, 2012) Se ha recomendado la eliminación de subsidios para reducir los impactos negativos del sector agropecuario en el medio ambiente al eliminar las distorsiones en precios.

1.3 Degradación de suelos

A continuación se presentan algunos conceptos centrales para entender la problemática de la degradación de suelos debida a la actividad ganadera, que es fundamental para establecer los criterios para lograr una ganadería sustentable.

El suelo es el espacio físico que sustenta la producción de ganado bovino de tipo extensivo y es uno de sus insumos fundamentales. Es un factor que determina el crecimiento y la distribución de la cubierta vegetal, consecuentemente fija el inicio y final de las cadenas alimenticias. Desde la óptica de la edafología, el suelo es un sistema abierto que interactúa con el medio ambiente a través de diversos procesos físicos, químicos y biológicos, los cuales determinan su morfología y propiedades, que varían de acuerdo al tiempo y lugar (Bautista Zúñiga & Estrada Medina, 1998)

La formación de suelos de manera natural requiere de cinco factores: roca, clima, organismos, topografía y tiempo. Éstos, a su vez, se combinan en varios procesos complejos, por lo que puede tomar cientos e incluso miles de años en formarse un centímetro de suelo.⁴ Por la lentitud para su tasa de recuperación, el suelo se

⁴ Por ejemplo, un centímetro de suelo denominado molisol tarda 400 años en formarse, mientras que el tipo oxisol requiere de cerca de 75,000 años. (Bautista Zúñiga & Estrada Medina, 1998) Los molisoles son típicos de las praderas de Estados Unidos, los oxisoles de selvas antiguas como la Amazonía.

considera como un recurso no renovable, pues aunque puede hacerse la recuperación por parte del hombre y acortar el proceso a un periodo de veinticinco o treinta años, es sumamente costoso.

Es por ello que la pérdida del suelo es un problema muy severo. A nivel internacional existen organismos que aglutinan los esfuerzos para combatirla. La Convención Internacional para la lucha contra la Desertificación (CLD) auspiciada por la ONU, se estableció para facilitar a los gobiernos nacionales la aplicación de políticas contra este problema. Pero no ha estado exenta de controversia, ya que hay una insuficiencia de bases de datos con rigor científico, coherentes y que abarquen un periodo lo suficientemente largo de tiempo para establecer indicadores confiables de la gravedad del problema y las áreas afectadas. A esto se añade la falta de consenso sobre la definición de degradación de tierras. Es un fenómeno complejo que no se presta a ser caracterizado ni resuelto utilizando soluciones sencillas, ya que engloba aspectos ecológicos, climáticos y humanos, que tradicionalmente han sido evaluados de forma separada. Además se produce en escala local, pero tiene consecuencias regionales e inclusive globales (Reynolds, et al., 2005)

La degradación de tierras se refiere a la reducción o pérdida de la productividad biológica y económica de las tierras que debilitan la capacidad actual y futura del suelo para sostener la vida humana. Se refiere tanto a la degradación del propio suelo, como a la de los elementos biológicos y físicos del terreno: la cubierta vegetal, la vida animal y los recursos hídricos. (López Reyes, 1999)

En cuanto a la desertificación, la CLD la define como: “La degradación de las tierras en áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas” (López Reyes, 1999)

El problema está muy extendido a nivel mundial. En estimaciones de 1990 se calculó que poco más de cinco mil millones de hectáreas estaban bajo riesgo de desertificación, que equivalían a cerca de un tercio de la superficie terrestre, de las cuales el 43% de la superficie del continente Africano, este cálculo no incluía a los

desiertos que son el 16% de la superficie terrestre. (López Reyes, 1999) En 1992 el 70% de las tierras en zonas áridas presentaba algún nivel de degradación.

Los costos de la pérdida de productividad causada por la erosión son elevados. Se calculó que en 1992, el 11% del PIB agrícola se gastaba en la compra de fertilizantes (nitrógeno, fósforo y potasio) para compensar la pérdida de nutrientes. (Reynolds, et al., 2005) Por su parte, Cotler y colaboradores (2011) estimaron que el costo de la pérdida de suelo ocasionado por la erosión en México se situaba entre los \$ 16.2 y los \$32.4 dólares por hectárea (*ha*), el costo en nutrientes ascendía a 22.1 dólares por *ha* En relación con la producción de maíz blanco de temporal a nivel nacional, el costo era de entre 4.2 a 7.2% del valor de producción, casi equivalente a la mitad de los recursos entregados por PROCAMPO, de forma que estos autores señalaban la importancia de incluir esta problemática en la agenda ambiental y alimentaria.

De acuerdo con estimaciones de la *Evaluación de la Degradación en las Tierras Secas* de FAO, en México el 24% del territorio estaba degradado, lo que afectaba al 34% de la población, poco más de 36 millones de personas. (Morales, 2012)

Estas cifras sirven para ilustrar que la degradación de suelos en general y la desertificación en particular son problemas severos, además de que la definición de desertificación es importante para el caso de Sonora porque se ubica en una zona árida que tiene ecosistemas frágiles, con una limitación natural de agua y vegetación, que son menos resilientes ante afectaciones antropogénicas.

1.3.1 Causas de la degradación de suelos

Se dividen en dos causas principales: el 13% se explica por factores climáticos, por ejemplo sequías prolongadas y los procesos de erosión natural; 87% son factores antrópicos es decir, el mal manejo del ser humano. (López Reyes, 1999)

Desde el punto de vista biofísico, hay varios procesos que por separado o en conjunto pueden conducir a la degradación de suelos en general y a la desertificación en particular.

- Procesos primarios: inicia con la pérdida y degradación de la cubierta vegetal, incipientes procesos de erosión hídrica, erosión eólica, sodificación.

- Procesos secundarios: son consecuencia de la profundización de los primarios, incluyen degradación física, degradación biológica y degradación química:

Tabla 1. Procesos secundarios que conducen a la degradación del suelo	
Procesos degradativos	Variables
físicos	Inundación Encostramiento Erosión Compactación Endurecimiento Desertización
químicos	Acidificación Salinización Lixiviación Disminución de la fertilidad Desequilibrio elemental
biológicos	Pérdida de biomasa y cobertura vegetal Pérdida de contenido de carbono y materia orgánica Reducción de micro y macrofauna concentración de sustancias tóxicas para los seres vivos

Fuente: elaboración propia con base en (SEMARNAT, COLPOS, 2003)

Respecto del mal manejo se incluyen las siguientes prácticas:

- Deforestación
- Cultivo en suelos frágiles
- La falta de descaso de la tierra
- Monocultivo
- Mal uso del riego
- Técnicas de labranza y fertilización inadecuadas
- El sobrepastoreo
- El uso de fuego para la agricultura
- Actividades mineras

Los factores por los cuales se incurre en malos manejos, además de los económicos, deben incluir consideraciones respecto a las tradiciones culturales, la falta de normatividad, la carencia de educación ambiental.

Hay variaciones en las distintas regiones de las causas, puede deberse a una en particular o a diversas combinaciones de factores biofísicos y antropogénicos. En Estados Unidos se da el caso de combinación de clima y factores tecnológicos interactuando con factores económicos como causa de desertificación. (Reynolds, et al., 2005)

1.3.2 Consecuencias de la degradación de suelos

La mayoría derivan de la pérdida de la capacidad la tierra para mantener el crecimiento vegetal y la producción animal. Desde el punto de vista biofísico, las consecuencias comienzan con la pérdida del suelo y vegetación que puede observarse por la presencia de los procesos primarios: erosión, salinización y acidificación por contaminación química. Éstos tiene un “efecto cascada” sobre otros componentes y procesos bióticos: la pérdida de nutrientes, disminución de la infiltración y de la recarga de acuíferos, cambios en la biodiversidad, disminución del carbono almacenado en el suelo, reducción de la resiliencia⁵ del ecosistema y cambios en el clima locales y globales. Sin embargo, es difícil generalizar sobre las consecuencias biofísicas, ya que variarán dependiendo del lugar que se trate. (Reynolds, et al., 2005)

La reducción de la productividad del suelo implica una disminución en los rendimientos de las cosechas y de la producción animal, daños a la infraestructura hidráulica ocasionada por el arrastre de las partículas de suelo desprendidas, migración, pérdida de conocimiento ecológico y de estructuras agrícolas tradicionales, cambios en los patrones de uso de suelo. (Reynolds, et al., 2005) Esto pone en peligro la subsistencia de la población que habita en los territorios afectados y también a las poblaciones que dependen de los bienes y servicios allí producidos, inciden negativamente en los ingresos de los productores y el abastecimiento de alimentos centros urbanos. (Morales, 2012)

⁵ El término resiliencia se refiere a la capacidad que tiene un sistema para recuperar su estado original después de verse afectada por una perturbación.

Para finalizar este apartado, se presentan las nueve afirmaciones del Paradigma de la Desertificación de Dahlem, ya que éstas resumen lo que se ha mencionado en los párrafos precedentes:

1. La desertificación incluye siempre condicionantes humanos y ambientales
2. Las variables lentas son determinantes críticos de la dinámica de sistema
3. Los umbrales son críticos y pueden cambiar con el tiempo
4. Los costos de intervención aumentan de manera no lineal con el aumento de la degradación
5. La desertificación es una propiedad emergente a escala regional derivada de la degradación local
6. Los sistemas humano-ambientales cambian con el tiempo
7. El desarrollo de un conocimiento ambiental a escala local apropiado debe ser acelerado
8. Los sistemas son jerárquicos
9. Una serie limitada de procesos y variables a cualquier escala hacen el problema manejable. (Reynolds, et al., 2005)

El estudio de los problemas relacionados con la degradación debe considerar las escalas espaciales y temporales, se requiere de investigaciones que profundicen en el estudio de las interacciones al interior de los ecosistemas para tener bases de datos claras y confiables.

1.4 La sustentabilidad y las prácticas de mejoramiento de suelos de uso ganadero

A partir del informe *Nuestro futuro común* (mejor conocido como *Informe Brundtland*), elaborado por la comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se generalizó el uso del concepto “*desarrollo sustentable*”, que señala que “hemos de satisfacer nuestras necesidades sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras

para satisfacer sus propias necesidades.” (Riechmann, 1995, p. 2) Lo cual entraña un componente normativo y ético sobre el *deber hacer*.

Existen tres aspectos cruciales para la sustentabilidad, que están interrelacionados: el económico, el ambiental y el ecológico. En lo económico se debe garantizar la existencia de incentivos para que los agricultores permanezcan en la actividad. Pero los sistemas agrícolas que fallan en la protección del ambiente y conservación de recursos quizá se enfrenten con productividad decreciente, a la par que se reduce la calidad de vida de los agricultores y de la sociedad en su conjunto. El escenario más extremo sería que si la productividad continúa decreciendo por la presión a los recursos, el sistema eventualmente podría perder su capacidad productiva y sea poco viable económicamente en el largo plazo. (Hoang & Alauddin, 2012)

Pero además, al considerar a los recursos naturales como un capital indispensable para que el capital antropogénico pueda existir, se integra al estudio la dimensión temporal, en la que el capital natural no debe verse “...como una propiedad exclusiva de unas pocas generaciones que [lo] explotan y consumen para sus propios beneficios, sino como algo que se toma prestado y debe ser legado a las generaciones futuras.” (Borrayo López & Castañeda A., 2008) Esto es importante porque en la teoría económica convencional, ha predominado la creencia de que el capital natural y el manufacturado por el hombre son sustituibles (el llamado *criterio de sustentabilidad débil*) y por lo tanto la sustentabilidad de la actividad económica radica en que la suma de ambos tipos de capital debe mantenerse constante en el tiempo. Pero es más recomendable establecer un *criterio de sustentabilidad fuerte*, en el que ambos capitales son esencialmente complementos y sólo marginalmente sustitutos, por lo que, independientemente de los beneficios económicos, las pérdidas de capital natural por encima de un nivel crítico previamente determinado son inaceptables. (Borrayo López & Castañeda A., 2008)

Esto implica el reconocimiento de la existencia de recursos estratégicos, cuya conservación requiere de reducir su uso o incrementar la eficiencia con la que se emplean. Si bien economistas como Julian Simon y Robert Solow han estipulado

que existe alta elasticidad para la sustitución de capital natural y manufacturado y son optimistas respecto a los límites biofísicos al crecimiento económico, ecologistas como David Pimentel y Miguel Altieri han presupuesto lo contrario, ya que no todos los recursos se regeneran a las mismas tasas y la pérdida de alguno puede ser irrecuperable por sus interacciones con otros recursos. (Thompson & Nardone, 1999)

Con base en la definición de degradación de tierras, resulta pertinente reconocer al suelo en su sentido amplio (como sostén del ecosistema y parte vital de los ciclos de nutrientes y del agua). Se trata de un recurso estratégico por su carácter de no renovable, por lo cual se admite que un uso indiscriminado del suelo en el corto plazo tiene consecuencias para su uso futuro. Esto es especialmente importante para la ganadería bovina que utiliza el pastoreo, por ello es el tema central de este trabajo, si bien existe una multiplicidad de cuestiones importantes relacionadas con la sustentabilidad de esta actividad, como son los temas de biodiversidad y emisión de gases de efecto invernadero.

1.4.1 Relación entre sobrepastoreo y sustentabilidad

La ganadería bovina de tipo extensivo es una actividad en la que el ganado se alimenta libremente de la vegetación⁶ de un área que se denomina agostadero. El tipo de vegetación en el que se encuentra ubicado el agostadero determina la productividad forrajera de un predio, que puede conocerse a través del cálculo de la producción de materia seca en un periodo de tiempo. Dicha productividad permite calcular cuántos animales se pueden alimentar en el área que se estudia y es la base para estimar el coeficiente de agostadero, que se refiere al número de hectáreas necesarias para el sostenimiento de una unidad animal en un periodo de tiempo determinado, generalmente un año, sin ocasionar daños en la vegetación. La unidad animal se refiere a una vaca de 400 a 450 *kg* de peso en gestación o con su cría. Este coeficiente es el principal indicador para definir la capacidad de carga del ecosistema.

⁶ La vegetación incluye pastos, arbustos, árboles y sus frutos. Las gramíneas son el principal componente de la dieta de los animales, pero las arbustivas son importantes por su alto contenido de proteína.

Cuando se rebasa esta capacidad de carga se dice que hay sobrepastoreo, que puede deberse a la introducción de un número demasiado elevado de animales o al uso intensivo del suelo que impide su recuperación. El sobrepastoreo conlleva a la degradación del suelo al generar varios procesos, los más importantes son:

1. La eliminación de la cubierta vegetal. El suelo queda expuesto y es susceptible a la acción del agua (erosión hídrica) y del aire (erosión eólica) en el largo plazo se elimina el suelo y por consiguiente su capacidad de reproducir las plantas.
2. El pisoteo intensivo de las pezuñas del ganado. Compacta el superficie, lo que provoca mayor pérdida de agua por el escurrimiento, dificultad en el crecimiento normal de las raíces, se impide el intercambio de oxígeno en el suelo, limita el enterrado de la semilla, obstruye la emergencia de nuevas plántulas y reduce el vigor de la producción de forraje de las plantas ya establecidas. (Ibarra Flores, et al., 2004)
3. La proliferación de arbustivas con bajo o nulo valor forrajero para el ganado. Es síntoma de la excesiva carga animal, la sobreutilización no permite que las especies deseables se recuperen y produzcan semilla, esto causa desequilibrios en la composición florística y en la distribución de las poblaciones de especies vegetales porque las plantas que no son consumidas por el ganado se desarrollan plenamente y producen grandes cantidades de semilla. (Parra Galindo, et al., 2008)

La situación antes descrita se agrava cuando se presentan desmontes excesivos para siembras de temporal o pastizal, reducción en la intensidad y frecuencia de fuegos naturales, falta de infraestructura en los ranchos, sobreexplotación de otros recursos naturales (Ibarra Flores, et al., 2004) y por la sequía agropecuaria prolongada, que se refiere a las afectaciones en el desarrollo de los cultivos o las actividades ganaderas derivadas de la escasez de precipitaciones (Bravo Peña, et al., 2010),

Evitar el sobrepastoreo es elemental para el desarrollo sustentable de la actividad ganadera bovina de tipo extensivo. Se busca un uso de los recursos acorde con su capacidad de carga, determinada por el coeficiente de agostadero. Más allá de

consideraciones ambientales, autores como Fernando Ibarra y Martha Martín argumentan que es económicamente impráctico hacer ganadería en predios deteriorados, ya que el potencial de producción forrajera del predio influencia directamente la productividad del rancho. (Ibarra Flores, et al., 2004)

1.4.2 Prácticas de manejo de ganado y mejoramiento de suelos

Existen varios manejos que pueden practicarse en los ranchos ganaderos bovinos. Se recomienda practicarlos en forma conjunta, pues se refieren a diversos aspectos de la unidad productiva. De acuerdo con Martín Rivera y colaboradores (2003) dichos manejos incluyen:

- a) Combinación de actividades ganaderas y agrícolas. Es una práctica ancestral, en la que se utilizan los esquilmos agrícolas para la alimentación del ganado, que a su vez contribuye a las labores agrícolas al fertilizar el terreno.
- b) Rotación de potreros. Es otro procedimiento que tiene muchos años de implementarse y extensa difusión. Consiste en programar con detalle el movimiento del ganado en el agostadero durante el año, que para tal fin se divide en varias parcelas o potreros. La rapidez con la que rebrota la vegetación después del pastoreo, las condiciones ambientales y las estaciones del año determinan el ritmo de rotación. La idea central es que es preferible tener mucho ganado en un potrero por poco tiempo, para dejar que se recupere el terreno. Aunque es un manejo sencillo, presenta dificultades para su implementación, porque requiere el establecimiento de cercas y de un terreno suficientemente amplio, lo que está fuera del alcance de los pequeños productores. Asimismo, rotar y dejar descansar la tierra no corresponde con la dinámica económica, en la que lo único importante es aumentar la producción de manera sostenida, y sobre todo aumentar las ganancias y reducir los costos
- c) Manejo reproductivo del ganado. Incluye diagnósticos de gestación y condición corporal, además del control del inventario, ya que es preciso seleccionar a los animales que utilizan más eficientemente de los pastos y

desechar animales improductivos, por ejemplo a las vacas que no den al menos un becerro cada 16 meses, vaquillas que no se han cargado a los 3 años, toros que cargan poco o que dan malas crías, etc. Se debe establecer una época de empadre –de apareamiento de los animales– para calcular que las nacencias se den en la estación del año en la que hay más forraje para que la vaca esté bien nutrida y en condiciones de volverse a cargar.

- d) Alimentación, suplementación y vacunas. Se precisa además que el ganado esté en buenas condiciones corporales, lo que implica administrar suplementación y vacunas para el control de enfermedades.
- e) El agua para abrevadero. Se constituye como un recurso indispensable para el desarrollo de la ganadería. Por eso asegurar su abastecimiento, sobre todo en zonas con escasa precipitación, se necesitan prácticas de captación que incluyen pozos a cielo abierto y pozos perforados para acuíferos profundos, que se acompañan de un equipo de bombeo para la extracción del líquido. Los repesos son bordos que se realizan en sitios con buenos escurrimientos, cerca de material arcilloso con buen piso para evitar pérdida de agua. La infraestructura de captación debe ir acompañada de obras de distribución del agua –líneas de conducción del agua, abrevaderos– de lo contrario el pisoteo de los animales podría traer consecuencias indeseables. Asimismo, existen prácticas para mejorar la retención del agua para estimular el crecimiento de los pastos, sobre todo cuando se siembran, las obras más simples son los bordos, el bolseo y zanjas a nivel.

(Martín Rivera, et al., 2003)

La adopción de prácticas de manejo que incrementan las ganancias de la producción de carne es crítica para la sustentabilidad del manejo del agostadero. Una alternativa para aumentar la productividad y rentabilidad de los ranchos es el destete precoz. Consiste en sustraer a las crías de la madre a los 90 días de nacidas (lo normal es que sean 7 meses), a las cuales se les suministra alimento concentrado hasta los 7 meses. La finalidad es producir más becerros, mantener en buena condición a la vaca y salvarla durante la sequía. Con esto se ahorra alimento –una vaca lactando pierde de 30 a 45 kg de su peso hasta el destete de

los becerros– y se asegura la producción de una cría al año porque entre más tiempo dure el becerro con la vaca, más pesada será la cría a expensas de la condición corporal de la madre. Es indispensable la disposición de comida en cantidad y en calidad, todo el año; trabajar más de cerca con los animales y proporcionar mejores atenciones y cuidados sanitarios. Dado un costo anual por vaca, el costo por becerro destetado se reduce a medida que el porcentaje de cosecha de becerros se incrementa. (Ibarra Flores, et al., 2011)

Cuando el deterioro del agostadero es severo, medidas como la reducción de la carga animal y la rotación de potreros podrían no ser suficientes para restaurar la productividad de los predios afectados. En estos casos deben implementarse prácticas para su rehabilitación, que incluyen:

- Siembra de especies forrajeras, que sean adecuadas y bajo la supervisión de un experto.
- Técnicas de descompactación del suelo para airearlo y mejorar la captación y retención del agua de lluvia (Martín-Rivera, et al., 2001) La compactación del suelo se ha convertido en un problema común, que se presenta especialmente en las praderas con pastos introducidos como el *buffel*. Hay técnicas como el subsoleo (*ripping*) el cual, aunque es el método de cama de siembra más común para el establecimiento del *buffel*, se ha demostrado que tiene efectos positivos para rehabilitar praderas de condición regular sin necesidad de utilizar semilla. Se emplea el arado subsoleador para romper las capas compactas de suelo, esto reduce el escurrimiento de agua, incrementa su infiltración, promueve la aireación, estimula el crecimiento de raíces, el rebrote de plantas y establecimiento de plántulas. (Ibarra Flores, et al., 2004)
- Control de malezas y plantas indeseables. Tal es el caso del *chírahui*, asociado al establecimiento de las praderas de *buffel*, se considera como maleza por su bajo valor forrajero, tiene espinas gruesas que causan daño físico al ganado y las personas. El ganado se convierte en diseminador de esta especie porque come la vaina o *péchita* en épocas secas, la semilla pasa por el tracto digestivo y es depositado en las excretas, lo que favorece su crecimiento. (Miranda Zarazúa, et al., 2004) Para el control del *chírahui* y la

vinorama se recomienda la adopción de medidas cuando las densidades de la planta son bajas, en áreas muy invadidas no se aconseja eliminarlo completamente porque ayudan a otras especies a establecerse y sobrevivir, las vainas en ciertas épocas sirven como alimento para el ganado, las flores y resinas son aprovechadas por las abejas, sus raíces son estabilizadores del suelo, por lo que reducen la erosión y propician la retención de agua. Estos arbustos son alimento y refugio para fauna silvestre, proveen leña y productos medicinales, por lo tanto, ninguna especie debe de ser controlada sin antes considerar su importancia ecológica, los beneficios y riesgos. (Parra Galindo, et al., 2008) Para evitar la diseminación de semilla de plantas indeseables cuando el ganado se alimentó en áreas invadidas, debe mantenerse en corral durante algunos días antes de que vayan a áreas limpias. Cuando las plantas no tienen semilla madura, están en floración o con las vainas verdes sí pueden usarse. Para limpiar las áreas invadidas con maleza se recurre a métodos de control directo como el corte, fuego, herbicidas y la introducción de animales como las cabras, ya que tienen hábitos de alimentación diferentes a los de los bovinos, se adaptan con facilidad a nuevas dietas, mastican muy bien y tienen gran capacidad para digerir los alimentos. Se requiere supervisión constante y asesoría técnica para aplicar estos métodos de control, ya que varían mucho los requerimientos de acuerdo con las características específicas del predio.

En general, la principal complicación para la adopción de estas medidas es que pueden llegar a ser muy costosas. La infraestructura más básica, como el cercado y la construcción de pozos, tienen costos de varios miles de pesos. Como se ve en la tabla 2, además habría que considerar los costos de la rehabilitación cuando las tierras presentan algunos problemas relacionados con la degradación.

Mientras que para los grandes ganaderos parece factible invertir en mejoras en sus ranchos, los pequeños productores tienen pocas alternativas, una de las más importantes es la organización para gestionar los recursos necesarios para financiar estas obras.

Tabla 2. Costos de algunas prácticas para la rehabilitación y el manejo del agostadero	
Prácticas de rehabilitación del agostadero	
Siembra de especies forrajeras	En terrenos planos entre \$1,000 y \$1,600 por hectárea (<i>ha</i>), se duplica en terrenos quebrados e invadidos por especies no forrajeras
Subsoleo	Entre \$900 y \$1,200 por <i>ha</i> con riper y entre \$500 y \$800 con rastra
Rodillo	Entre \$400 y \$600 por <i>ha</i> , sin incluir la semilla
Quema	Entre \$50 y \$100 por <i>ha</i> , incluye únicamente el brechado
Desvarado	Entre \$350 y \$500 por <i>ha</i>
Obras de retención y captación de agua	
Bordos o zanjas sobre curvas a nivel	Entre \$300 y \$500 <i>ha</i>
Bolseo	Entre \$500 y hasta más de \$2000 por <i>ha</i>
Pozos a cielo abierto	\$1500 por metro de profundidad
Pozos perforados	\$1,100 por metro de profundidad

Fuente: elaboración propia con base en Martín Rivera, et al.(2003)

1.4.3 PROGAN

El principal programa para la ganadería extensiva en México, es el componente Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN) del Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria, instrumentado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el cual tiene como objetivo central incrementar la productividad pecuaria a través de apoyos para prácticas tecnológicas sustentables de producción. (SAGARPA, 2008)

Este programa otorga subsidios condicionados a los productores, que consisten en:

1. Transferencias directas. Dividieron a los ganaderos en dos estratos:
 - A) son los productores que tienen entre 5 y 35 vientres o su equivalente en Unidades Animales (UA), los cuales reciben \$375.00 por UA apoyada.

B) son los que tienen más de 35 vientres y se les otorgan \$300.00 por UA,⁷ con un tope máximo de 300 UA por beneficiario.

2. Apoyos en especie. Consiste sobre todo en la entrega de aretes SINIIGA para la identificación del ganado.
3. Pago de asistencia técnica, capacitación y de la evaluación técnica que es requisito para ingreso y permanencia en el programa.

Los participantes deben cumplir con algunas prácticas de mejora de suelos y de manejo del ganado:

- Proteger, reforestar o revegetar 30 plantas (árboles de sombra, suculentas, arbustos, herbáceas, etc.) por UA apoyada.
- Vacunación contra brucelosis
- Suplementación alimenticia con minerales
- Aretado de todo el hato ganadero de la especie apoyada, con apoyo del Sistema Nacional para la Identificación Individual del Ganado (SINIIGA)
- Realización cada dos años de al menos una obra de aprovechamiento del suelo o agua (presas, cortinas rompevientos, descompactación del suelo)
- Los del estrato B además deben participar en el programa de Ajuste de la carga animal y reposición de vientres.

PROGAN tendría una duración de cinco años, en el período del 2008 al 2012.

Este programa se aleja del enfoque tradicional de apoyo al ingreso de los productores, como es el caso de PROCAMPO. Ligar el otorgamiento de los recursos con la adopción de las prácticas tecnológicas permite que muchos ganaderos se concienticen sobre el estado de la productividad del predio y el uso adecuado de los recursos del rancho, o en el caso de los que ya aplicaban algunas prácticas, éstas se aplican con mayor método. (Universidad Autónoma Chapingo, 2006)

Otro aspecto que se destaca es el impulso para un manejo integral del ganado, ya que a la par de mejoras en los recursos suelo y agua, se requiere que el ganado esté en buenas condiciones a través de la suplementación, mientras que el

⁷ Hay un trato preferencial para los productores del estrato entre 36 y 63 vientres, que podían acceder al monto del estrato A pero cumpliendo con los compromisos del estrato B (SAGARPA, 2008)

aretado SINIIGA propicia que el productor pueda obtener beneficios de la rastreabilidad.

No obstante las ventajas de PROGAN, presenta varias problemáticas. Una es que el programa supone que hay una relación de causalidad incremento de la cobertura vegetal–incremento en la producción de forrajes, la cual no es necesariamente cierta, ya que como se señaló en el apartado anterior, la vegetación puede incluir plantas nocivas o de escaso valor forrajero.

Además la cantidad de cobertura vegetal puede oscilar debido al clima. En ecosistemas de climas áridos como los analizados en esta investigación, “proteger, reforestar o revegetar 30 plantas” por vientre apoyado podría no incidir para mejorar la calidad del suelo si no se adoptan a su vez las tecnologías más adecuadas para retención del agua. O si se presenta compactación severa, en primera instancia se debe corregir el problema físico del suelo.

Además la selección de las plantas podría no ser apropiada ya que el programa simplemente contiene un catálogo de *especies recomendadas* para revegetar o reforestar clasificado en regiones ecológicas. En el caso de Sonora está muy extendido el uso del zacate buffel, el cual mejora notablemente la productividad del agostadero, sin embargo hay críticas sobre posibles daños ecológicos⁸. Sería recomendable la siembra de otras especies forrajeras y en general vegetación que mejore la calidad del suelo aunque en el corto plazo no se perciba el beneficio económico pero en el largo plazo mejoren su calidad.

Otro problema es que el apoyo podría ser insuficiente para que los pequeños productores cubran los costos de las obras obligatorias de aprovechamiento de suelo y agua. Se ahondará en esta cuestión en el capítulo 4.

1.4.4 La ganadería holística

La gestión holística o manejo holístico (*Holistic Management*) es un manejo que pretende ser ecológicamente regenerativo, económicamente viable y socialmente

⁸ En el capítulo 2 se amplía la información respecto a los daños ecológicos causados por el uso del zacate buffel

responsable en las praderas en el mundo, desarrollado hace 40 años por Allan Savory, un biólogo zimbabuense.

Su objetivo era preservar la sabana del sur de África. La idea principal es enseñar a las personas la relación que existe entre las grandes manadas de herbívoros silvestres y las praderas en las que habitan, para ayudarlos a desarrollar estrategias para el manejo del ganado doméstico que emule esa relación y permita que la tierra sane y se recupere.

Los grandes rebaños de herbívoros salvajes al comer el pasto, formaban parte de una cadena y de una red trófica. Su saliva, excretas, y pezuñas permitían la existencia de procesos de descomposición de las plantas después de la temporada de lluvias, de otra forma si las plantas no son consumidas, no se desintegran; sólo se oxidan. Cuando se acaba el pasto y ya hay muchas excretas, los rebaños se mueven a otro lugar. Esto permite que se recupere, el ganado volverá tiempo después y así se crea un ciclo beneficioso para los rebaños y el suelo. Se basa en la idea de rotación de potreros, pero se hace de forma intensiva. (Savory Institute, s.f.)⁹

En México hay algunos ranchos con manejo holístico. En Chiapas en los municipios de Villaflores y Villacorzo existe una asociación denominada “Club de pastoreo Intensivo Tecnificado Las Villas” fundada en 1994 (PIT Las Villas, ECOSUR, 2009) Esta asociación, con el apoyo de cooperantes cubanos, FIRA y la UNACH, implementó el manejo holístico ganadero. Éste se caracteriza por la rotación frecuente (diaria o más) del ganado en los potreros con una carga animal alta y periodos de descanso óptimos.

Aunado a ello, la división de potreros se realiza con cercos vivos y electrificados para impedir que el ganado transitara a otros potreros. La eliminación de malezas se hace de forma manual, ya que se evita el uso de cualquier agroquímico. Los recursos forrajeros abarcan también árboles y arbustos tales como el guamúchil, leguminosas herbáceas y pastos, en particular un tipo de pasto introducido.

⁹ Savory Institute, n.d. *What Is Holistic Management?* <http://www.savoryinstitute.com/holistic-management/>

Paralelamente, se diversifican los productos del rancho: venta de semen y pie de cría, producción de ganado menor, apicultura, productos forestales. Un elemento primordial es la organización y cooperación de los miembros de la asociación. Entre los beneficios está la reducción de la vulnerabilidad de los productores, ya que se reducía su dependencia de insumos comprados, además que diversificar los forrajes permitía enfrentar contrariedades como plagas y sequías con relativo éxito. (PIT Las Villas, ECOSUR, 2009)

No obstante, existen críticas respecto a la efectividad de este manejo. Wuerthner (2002) señala que muchos científicos y activistas cuestionan sus supuestos básicos, ya que si bien su implementación exige que los ganaderos reconozcan la importancia de controlar el pastoreo y manejar adecuadamente los recursos del rancho y por lo tanto hay mejorías en algunos lugares que lo implementan, también hay evidencia documentada de que la acción continua de las pezuñas del ganado bovino no es equivalente a la de los rebaños de herbívoros salvajes y sí daña la estructura del suelo, además de que las plantas no se descomponen con mayor facilidad gracias al ganado bovino, si no que el crecimiento de hojas y tallos en áreas sobrepastoreadas más bien es respuesta al estrés al que se somete la vegetación, pero en el largo plazo una acción continua sobre el terreno simplemente impide su recuperación, porque hay pérdida de la cubierta vegetal y erosión. Por lo tanto, debe tomarse con cautela lo que dice este tipo de manejo.

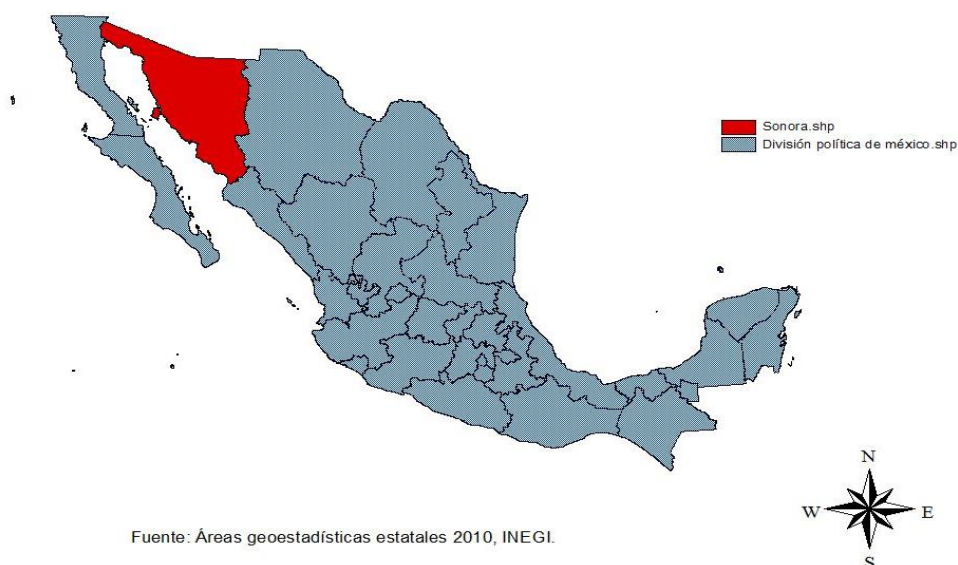
Capítulo 2. El espacio de estudio

2.1 Situación geográfica y agroecológica de Sonora

2.1.1 Generalidades

Sonora se encuentra situado en el noroeste del México. Se localiza entre los meridianos 108°30' y 115°00' de longitud oeste y entre los paralelos 26°30' y 32°15' de latitud norte. Colinda al norte con el estado norteamericano de Arizona, al sur con Sinaloa, al este con el estado de Chihuahua, al oeste con el Golfo de California y al noroeste con Baja California Norte. Tiene 184,934 Km² de extensión y es la segunda entidad más grande de México después de Chihuahua, con aproximadamente el 9.2% del total del territorio nacional (Salazar Solano, et al., 2011)

Mapa 1. Localización de Sonora en el territorio nacional



Respecto de la dinámica de la población, 86 % es urbana y 14% rural; la población rural se ha reducido en términos absolutos, con un marcado despoblamiento en

varias regiones. Como contraparte, el crecimiento de la población urbana fue vertiginoso, impulsado por la disminución de la mortalidad y el incremento de inmigrantes de otras entidades.

Tabla 3. Dinámica de la población en Sonora 2000-2010			
Año	Población Total	Urbana	Rural
2000	2,216,969	1,842,117	374,852
2010	2,662,480	2,290,228	372,252
TCPA	1.679	1.999	-0.063

Fuente: elaboración propia con base en los datos presentados por Salazar Solano y colaboradores (2011, p. 46)

La esperanza de vida era de 75.5 años, muy similar a la nacional. En general, el Índice de Desarrollo Humano (IDH) estaba ligeramente por encima de la media nacional, el IDH en 2005 para Sonora fue de 0.8253 y el nacional de 0.8031.

Las actividades productivas más importantes se relacionan con el sector industrial y de servicios. Sin embargo, a la entidad se le sigue caracterizando como un estado ganadero porque 84% de su superficie se dedica a esta actividad, mientras que 4% se dedica a la agricultura y el 12% restante a otras actividades (López Reyes, 2006) Asimismo, se destaca la calidad genética del ganado y el reconocimiento de Estados Unidos de su *status* sanitario, casi exclusivo a nivel nacional. (López Reyes, et al., 2010)

2.1.2 Agua y clima

El agua “constituye un recurso potencialmente restrictivo del desarrollo social y económico debido a su escasez y desigual distribución a lo largo del territorio estatal” (Salazar Solano, et al., 2011)

hay cinco regiones hidrológicas (RH) La del Río Colorado (RH-7) es la parte baja del Río, la comparten Sonora y Baja California. La región Sonora Norte (RH-8) es una de las más áridas del país y comprende al distrito de riego Altar-Pitiquito-Caborca. La de Sonora Sur (RH-9), es la que ocupa mayor superficie del territorio estatal e incluye las cuencas de los ríos más importantes: Mayo, Yaqui, Mátape y

Sonora. Comparte parcialmente la región de Sinaloa (RH-10), y de la de Cuencas Cerradas (

Mapa 2. Regiones hidrológicas de Sonora



- 7. Río Colorado
- 8. Sonora Norte
- 9. Sonora Sur
- 10. Sinaloa (parte superior de la cuenca)
- 34. Cuencas Cerradas del Norte (parte occidental)

Fuente: SEMARNAT, COLPOS (2003)

Las varias corrientes superficiales (ríos y arroyos) tienen un escurrimiento medio anual de 4,603 millones de metros cúbicos, destacando el río Yaqui cuya cuenca comprende un área de 72,590 kilómetros cuadrados con una longitud en su recorrido de 680 kilómetros. Aprovechan su escurrimiento las presas Lázaro Cárdenas, Plutarco Elías Calles, Álvaro Obregón, Divisaderos y Sahuaripa, se utiliza el agua para generación de energía eléctrica y uso agrícola. (OIEDRUS, s.f.) En conjunto, las presas tienen una capacidad de almacenamiento de 8,648 Hm³. La zona sureste del estado concentra cerca del 86% de las aguas superficiales, lo que demuestra la desigualdad en la distribución del líquido. Respecto de las aguas subterráneas, existían 47 acuíferos, de los cuales 15 estaban sobreexplotados, 9 en equilibrio y 13 subexplotados. (Salazar Solano, et al., 2011)

En el siguiente mapa se observa la extensión de las subcuencas en las que se divide el estado de acuerdo con los principales ríos y el porcentaje que ocupan del estado:

Mapa 3. Cuencas hidrológicas de Sonora y su participación en el total estatal



Fuente: Moreno, et al. (2011)

Existen cuatro grupos climáticos en Sonora:

- Seco desértico. Con temperatura media anual de 18°C, presente en el 51.5% de la entidad.
- Seco. Con temperatura superior a 18°C y precipitación de 500mm anual, presente el 35.9%.
- Subhúmedo. Con temperaturas altas y precipitación promedio de 800 mm, que equivale al 6% del territorio estatal
- Templado. Con temperaturas similares al anterior pero con una precipitación de 900 mm, el 6.6% de estado. (OIEDRUS, s.f.)

Durante el año la lluvia es escasa. Se presenta de forma aproximadamente bimodal en dos temporadas: cerca del 88% entre los meses de junio y septiembre, y 12% durante “las equipatas” que son las lluvias invernales entre los meses de diciembre y marzo. Hay un periodo sin lluvias entre abril y junio conocido como “la temporada.” (Andablo Reyes & Camou Healy, 2001) El promedio de precipitación

media anual entre los años de 1968 y 2007 en la entidad fue de 366.2mm. Cuando las lluvias registradas durante el año son menores al 25% de dicho promedio – inferiores a 275mm– se considera que es un año de sequía, la cual se presentó de forma crítica entre 1996 y 1999. (López Reyes, et al., 2010) En la década siguiente la situación fue menos difícil y aunque el huracán *Juliette* generó lluvias atípicas a finales de septiembre y el primero de octubre de 2001, que representaron las precipitaciones medias anuales de las zonas del Valle del Yaqui, del Mayo y de Guaymas, éstas no impactaron en la precipitación anual del estado. Esto se debe a que se pierde el agua por escurrimiento ya que el suelo no lo retiene. (Denogean B., et al., 2012) Pero al año siguiente –2002– hubo una fuerte sequía. En 2011, una vez más, este fenómeno meteorológico afectó duramente el norte del país (que incluye al estado que se estudia) a las autoridades les preocupaba que por este motivo se redujera hasta en 40% la población de bovinos en esa zona de México.¹⁰

2.1.3 Vegetación y eco-regiones

En 2004, Sonora tenía 14.58 millones de hectáreas (*ha*) forestales. Se dividían como se ve en la tabla:

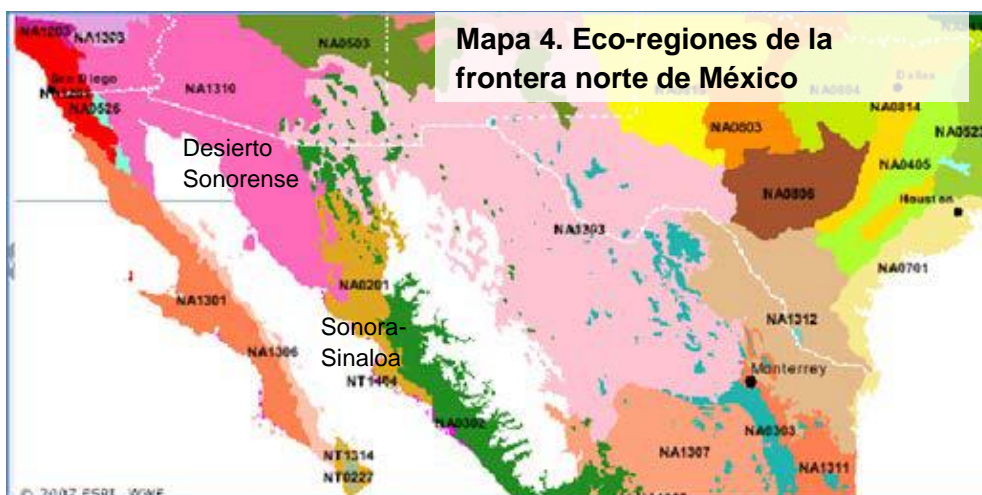
Tabla 4. Superficie forestal por hectárea en Sonora, 2004	
<ul style="list-style-type: none"> superficie arbolada 3.77 millones de <i>ha</i> 	Incluye: <ul style="list-style-type: none"> 2.07 millones de <i>ha</i> de bosques 1.69 millones de <i>ha</i> selvas
<ul style="list-style-type: none"> superficie no arbolada 10.81 millones de <i>ha</i> 	Incluye: <ul style="list-style-type: none"> 9.57 millones de <i>ha</i> con vegetación de zonas áridas 0.31 millones de <i>ha</i> con vegetación hidrófila y halófila 0.924 eran áreas perturbadas

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2011)

¹⁰ Cruz Martínez, Ángeles, “Incide la sequía prolongada en la producción ganadera: Senasica.”, La Jornada, 18 de noviembre de 2011.

De acuerdo con la información de la Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA)¹¹, el tipo de cobertura vegetal dominante en 1974 era el matorral, que ocupaba más del 70% de la superficie estatal; el pastizal era la vegetación de aproximadamente 10% del territorio sonorense y el restante 20% se dividía entre los bosques en la zona serrana, la selva baja caducifolia y espinosa al sur –colindando con Sinaloa– y la vegetación de dunas costeras y manglares. (COTECOCA, 1974)

El territorio del estado se divide en tres grandes regiones fisiográficas: Sierra Madre Occidental, Desierto y la región costera del golfo de California. (OIEDRUS, S/F) La eco-región principal es el desierto Sonorense (NA1310), aparece en el siguiente mapa en rosa oscuro. (SEMARNAT, EPA, 2011) Ésta se extiende hacia el norte desde los estados de Sonora y la porción oriental de Baja California hasta Arizona y el Imperial Valley de California. Esta región presenta gran diversidad vegetal a pesar de estar en una zona desértica (560 especies de plantas), así como un gran número de animales: 140 especies de mamíferos, 172 de reptiles y anfibios, 2500 polinizadores (invertebrados, aves y murciélagos) destacando alrededor de 500 especies de aves, lo que representa una gran diversidad. (Salazar Solano, et al., 2011)



Fuente: SEMARNAT, EPA, (2011, p. 14)

¹¹ En junio de 2003 cambió su denominación a Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero, dependiente de la Coordinación General de Ganadería de la SAGARPA. Se han hecho modificaciones a su funcionamiento. (Universidad Autónoma Chapingo, 2006)

La siguiente eco-región en importancia por su extensión es la región Sonora-Sinaloa (NA0201), de color ocre en el mapa, la cual se extiende de las costas del pacífico hasta las estribaciones de la Sierra Madre Occidental de Sonora central. Esta zona es clasificada como estepa, que contrasta tanto con las zonas al sur que son más húmedas como con las zonas áridas del desierto Sonorense. (WWF, 2011)

Aunque las cifras exactas no están disponibles, esta región posee varias plantas endémicas y raras, como el *palo santo* (*Ipomoea arborescens*). Esta especie florece durante la estación seca (cuando muy pocas plantas están en flor), proporcionando así el polen que sirve de alimentación a los murciélagos de lengua larga (*Choeronycteris mexicana* y *Glossophaga soricina*), que están entre los polinizadores más importantes en Sonora. Estas mismas flores, cuando caen a tierra, son alimento del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). La eco-región es también el hogar de al menos 90 especies de mariposas durante la estación lluviosa y es el límite norte para muchas familias de plantas neotropicales. (WWF, 2011)

Las principales amenazas son la destrucción y fragmentación del hábitat, las actividades agropecuarias y los cambios en el clima que afectan la distribución y prevalencia de las especies. (SEMARNAT y EPA, 2001, p.14)

A principios del año 2010, habían 861 UMAS (Unidades de Manejo Ambiental) que abarcaban 5,658,948 de *ha*. Es decir, 6,572 *ha* en promedio por UMA. En éstas se protegen especies como el jaguar, el oso negro, el berrendo y la codorniz mascarita. Son criaderos de fauna silvestre y ranchos cinegéticos, ya que la entidad tiene gran potencial en esta actividad. En particular, las UMAS cinegéticas y los ranchos turísticos se han convertido en una alternativa para la diversificación de la ganadería, que generó en ese año 40 millones de dólares. Sin embargo enfrenta grandes retos como la falta de infraestructura turística, los trámites excesivos para los cazadores, poca información y promoción, la cacería ilegal y tráfico clandestino de especies. (Salazar Solano, et al., 2011)

2.1.4 La erosión en Sonora

Uno de los indicadores más visibles de la degradación de suelos es la erosión. De acuerdo con su magnitud, puede tener graves consecuencias en zonas áridas porque existe el riesgo de desertificación. Diversas fuentes coinciden en señalar que el proceso existe en Sonora, pero discrepan sobre la magnitud del mismo. López Reyes (2006) menciona que:

“...a mediados de los setenta el 82% de las tierras de Sonora enfrentaban procesos erosivos, de las cuales un 22% se encontraba en el grado de moderado y un 13% de incipiente. Estudios más recientes revelan que la erosión actualmente afecta la totalidad de los suelos sonorenses y cada vez en grados de mayor gravedad...” (López Reyes, 2006)

Fuentes oficiales de información, como el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) tienen pocas estadísticas y éstas resultan contradictorias. Los datos del VIII Censo Agropecuario de INEGI, indican que sólo 0.47% de las tierras sonorenses de uso agropecuario (39,744.32 *ha*) presentan procesos de erosión y salinización. Una evaluación elaborada por SEMARNAT en conjunto con el Colegio de Postgraduados (SEMARNAT, COLPOS, 2003), estimaba que Sonora tendría el 26% de su territorio con algún proceso de degradación.¹² Pero con los datos de *El ambiente en números* (SEMARNAT, 2011), al dividir la cantidad de tierras con algún grado de erosión¹³ entre el total de tierras de uso agropecuario, resulta que el 42.56% presenta este problema, o sea 3,591,804 *ha*, que a su vez representan el 8.79% del total de tierras erosionadas del país, sólo por debajo de Chihuahua (24% del total) y Durango (12%).

El Instituto Nacional de Ecología (INE) menciona que en las entidades de la frontera, el porcentaje de superficie erosionada en sus grados máximos (severo y muy severo) alcanza 8.9% en Baja California, 36% en Sonora, 21.2% en

¹² Los cuatro procesos son: erosión eólica, hídrica, degradación física y degradación química.

¹³ Incluye las dos modalidades de erosión: hídrica y eólica, las cuales se determinan de acuerdo con la reducción a la productividad del suelo, con cuatro categorías: ligera, moderada, fuerte y extrema, esta última significa que el suelo es prácticamente irrecuperable, en Sonora el porcentaje dentro del total de suelo erosionado por esa categoría fue de 1%, la mayoría se encuentra en las categorías ligera (35.31%) y moderada (56.14%).

Chihuahua, 65.7% en Coahuila, 47.7% en Nuevo León y 16.0% en Tamaulipas. (INE, 1998)

Uno de los organismos más importantes que existen en México sobre este problema es el Sistema Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Degradación de los Recursos Naturales (SINADES), que es un órgano especializado de la Comisión Intersecretarial de Desarrollo Rural Sustentable y ambas se sustentan en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable. SINADES publicó la *Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras* (SINADES, 2011) en cuyo diagnóstico de los suelos por estado con datos de 2002, Sonora aparece como una entidad con poca degradación (26%) y por consiguiente podría estar relegado de la estrategia nacional.

En el siguiente mapa se pueden ver las áreas que exhiben niveles de degradación que van de ligeros a extremos, predominando la degradación moderada, de acuerdo con los datos georreferenciados que aparecen en la página web de SEMARNAT. Las zonas afectadas incluyen los distritos de riego de Hermosillo y del sur del estado.



Fuente: SEMARNAT (2011)

El proceso de erosión existe y con la sequía persistente puede agravarse dadas las condiciones de aridez y de sobrecarga animal, por ello es necesaria una metodología integral de largo plazo para obtener datos más precisos que permitan su cuantificación y dimensionar en su justa medida este problema.

2.2 Contexto de la ganadería en Sonora

2.2.1 El papel de las exportaciones de becerros hacia Estados Unidos

Aunque las raíces de la tradición ganadera se remontan a la llegada de las primeras reses con los conquistadores españoles, la producción de ganado se desarrolló de forma intermitente porque se destinaba al abasto local, sobre todo para satisfacer la demanda de los enclaves mineros, además por las repetidas incursiones indígenas que mermaban las existencias y dificultaban el pleno desarrollo de la actividad (Perramond, 2001)

Fue hasta el Porfiriato (1876-1911) cuando inició la vinculación de los grandes propietarios de la entidad con los engordadores norteamericanos. A mediados del siglo XX, con la consolidación de Estados Unidos como potencia mundial, su hegemonía en el mercado alimentario en general y el de cárnicos en particular, se incorporó a la ganadería sonorense como el eslabón inicial de la cadena productora de carne bovina de los ranchos del sur de Norteamérica. Los ganaderos se convirtieron en abastecedores de becerros de un año, porque para los estadounidenses era más costoso producir becerros que comprarlos en México. (Pérez López, 1993) Incluso la creciente demanda de carne en el mercado estadounidense influyó para que durante la década de los setenta la ganadería en México recibiera un fuerte impulso gracias a los préstamos por 572.4 millones de dólares otorgados por el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo (Bravo Peña, et al., 2010). Para profundizar sobre el mecanismo de subordinación de la ganadería mexicana a la norteamericana a través de dichos préstamos administrados por FIRA, véase el trabajo de Feder (1982)

El estímulo recibido por el vecino del norte desde la década de 1950, implicó un crecimiento extensivo basado en la incorporación creciente de tierras de agostadero y el aumento del hato. La incorporación de los ganaderos sonorenses a la cadena norteamericana de carne no hubiera sido posible sin dos aspectos previos: los cambios generados por la Reforma Agraria y la construcción de los Distritos de Riego. El reparto agrario que inició en forma incipiente en la década de 1920, permitió a los productores de escasos recursos participar en la cría de

becerros ya que hasta ese momento no contaban con el recurso fundamental para la producción ganadera extensiva: las tierras de agostadero. Por su parte, los Distritos de Riego permitieron la ganaderización de la agricultura en la región, con la siembra de forrajes en sustitución de los cultivos tradicionales (Pérez López, 1993)

Algunos pequeños productores y ejidatarios lograron afianzarse en sus ranchos y convertirse en *poquiteros*, a través de diversas estrategias. Los que trabajaban como vaqueros para los grandes propietarios en ocasiones recibían becerros como pago y con el reparto tuvieron tierras para ese ganado, otros recibieron dinero de los parientes que se fueron a trabajar a Estados Unidos que invirtieron en la compra de ganado, algunos más trabajaron como *gambusinos* en las minas y con el dinero que pudieron juntar iniciaron sus hatos, etc. (Pérez López, 1993)

Una vez que se dieron las condiciones para la disposición de tierra, agua y forraje, acaeció un cambio tecnológico primordial: la sustitución del ganado criollo – llamado despectivamente “corriente”– por ganado cruzado con razas extranjeras altamente productoras de carne, como son el ganado *Hereford*, *Angus* y *Charolaise*. Este cambio tecnológico se debió a que “...el grado de encastamiento de un animal tiene incidencia directa en el precio para el comprador norteamericano” o sea que fue condición necesaria para permanecer en el mercado de becerros (Pérez López, 1993) Este cambio es palpable hasta la fecha, pues de acuerdo con el VIII Censo agropecuario de INEGI de 2007, sólo el 12.81% del inventario de ganado bovino era “corriente”, predominaban las cruzas que eran el 61.51% y el 24.91% correspondía a ganado fino y de registro.

La especialización en la cría de becerros para exportación favoreció la introducción de pastos foráneos, en particular la siembra del zacate *buffel*, originario de África, que se introdujo en México en 1954, sobre todo en las grandes propiedades ganaderas. Éstas empezaron a especializarse en la preengorda de ganado y se dedican cada vez menos a la cría, que relegan a los *poquiteros* (dueños de menos de 30 cabezas de ganado). (Camou Healy, 1998) Aunque si bien en algunos ejidos también se ha sembrado *buffel*, lo cierto es que respondió más a cuestiones políticas para evitar peticiones de más tierras, que

realmente porque sea un cambio generalizado en las pequeñas propiedades.
(Pérez López, 1993)



Ejido Salvador Alvarado, costa de Hermosillo, Sonora, julio de 2012.

El 96.4% de la producción de becerros se ha destinado al mercado de Estados Unidos. “No cabe duda que la ganadería sonorenses se ha diseñado y perfeccionado a través de los años para la exportación.” (Moreno Medina, et al., 2008) El proceso de comercialización es cíclico y estacionario, la demanda y el precio están directamente ligados con:

- El tipo de animal. De acuerdo con la pureza de su raza, hay una “clasificación extraoficial” de calidad de becerro (Tipo 1, 1.5, 2 y 3)
- Su peso. A partir de las 300 libras se penaliza. Los becerros se exportan de 330-429 y de 430-529 libras; este último rango se prefiere cuando los precios de los granos son altos y entonces los engordadores norteamericanos trasladan el coste al productor nacional
- La época del año
- La disponibilidad y precio de los forrajes en Estados Unidos
- Los sistemas de selección del hato en la frontera
- Restricciones de tipo sanitario. (Moreno Medina, et al., 2008) ;

Cuando no se demanda el ganado, los becerros deben permanecer en las unidades de producción, presionando los potreros e incluso con repercusiones a nivel nacional pues baja el precio del becerro para engorda. (Moreno Medina, et al., 2008)

El resultado de estos cambios en la producción fue la fragmentación productiva y la especialización social de los productores. Se reconoce que la cría es la etapa más riesgosa de todo el proceso porque la corta edad de los animales los hace susceptibles a enfermedades y hay un mayor riesgo de que mueran, además implica costos de manutención de sementales y vacas en los 18 meses que requiere la finalización de un becerro para su venta (9 meses de gestación y 9 de cría). Es además la etapa menos redituable, por lo que se ha relegado a los pequeños productores, los cuales no exportan directamente, así que los beneficiarios con este proceso son los intermediarios. Éstos prosperaron por la gran dispersión geográfica de los ranchos que dificulta la movilización del ganado y por las condiciones socioeconómicas de gran parte de las pequeñas unidades de producción, las cuales ofrecen menos de 15 becerros al año, no pueden sostener al hato por largo tiempo con los recursos del agostadero y tienen necesidad de ingresos para cubrir sus gastos productivos y familiares. Los intermediarios ofrecen adelantos a los pequeños productores para asegurar la compra en favor de su agente, que funcionan como créditos condicionados que les permiten alimentar al ganado en los meses de secas. (Hernández Moreno & Ulloa Méndez, 2000) La cadena de intermediarios va desde los *cortadores* o *coyotes* que recorren la sierra de rancho en rancho ofreciendo dinero por adelantado, hasta los *brokers* que conforman grandes lotes de becerros para su exportación (Pérez López, 1993) Se trata de una compleja red de relaciones, en la cual los brokers tienen estrecha relación con las engordas norteamericanas e incluso estos agentes pre-engordan al ganado para obtener mejores condiciones de venta en la frontera. (Hernández Moreno & Ulloa Méndez, 2000)

2.2.2 El impulso del gobierno a la actividad ganadera

El gobierno, en todos sus ámbitos –federal, estatal, municipal– jugó un papel central para que ocurrieran los cambios en la ganadería sonoreense. En la década de 1970, en conjunto con los préstamos de organismos internacionales, el estado mexicano apoyó con 639 millones de dólares para la actividad ganadera. (Bravo Peña, et al., 2010; Feder, 1982)

Por su parte, el gobierno estatal impulsó la creación y mejoramiento de la infraestructura pecuaria –corrales de manejo, abrevaderos, pozos, balanzas y represas–, la generalización de medidas sanitarias y veterinarias, obras de irrigación y presas para la siembra de forrajes, caminos, y la creación de órganos especializados en la producción pecuaria. (Pérez López, 1993) Esto repercutió en su elevado nivel sanitario, de adaptabilidad y comportamiento, características fundamentales del ganado sonoreense incluso en comparación con los animales norteamericanos. (Moreno Medina, et al., 2008)

Las reformas en la legislación agraria, emanadas de la Revolución mexicana, cristalizaron durante el gobierno del general Lázaro Cárdenas (1934-1940), cuando se efectuó el mayor reparto agrario de la historia de México, estableciéndose la figura jurídica del ejido. Sin embargo, en lo referente a la ganadería, se protegió a la propiedad privada del reparto a través de los *Certificados de inafectabilidad ganadera*. Se definió a la pequeña propiedad ganadera como la cantidad de tierra necesaria para el mantenimiento de 500 cabezas de ganado mayor o su equivalente en ganado menor, el número máximo de hectáreas se sujetó a las condiciones ambientales necesarias para el sostenimiento de dicho número de cabezas. Como en los estados del norte del país los coeficientes de agostadero son muy altos, ya que se requiere de una extensión muy amplia para el mantenimiento de una cabeza de ganado durante un año, esto permitió que se conservaran en manos de unos cuantos propietarios vastas extensiones de tierra. (Chauvet, 1999) Esto permite entender por qué, a pesar del reparto agrario, se mantuvieron las condiciones de desigualdad en el acceso a la tierra. Actualmente, a pesar de las reformas que se hicieron al Artículo

27 Constitucional, el criterio para definir a la pequeña propiedad ganadera es el mismo, así que no se esperan cambios importantes en la tenencia de la tierra.

Por otra parte, la normatividad vigente en México privilegia el cumplimiento de las metas de producción sobre las prácticas de uso sustentable del suelo. Aunque los antecedentes de la política al respecto datan desde 1942, cuando se creó la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua y en 1946 la Ley de Conservación de Suelos y Agua, este marco normativo careció de una reglamentación efectiva para definir responsabilidades y sancionar el incumplimiento de la ley.

Es hasta 1988, cuando se crea la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP, ahora SEMARNAT), que se hacen esfuerzos al respecto. (López Reyes, 1999) Por ejemplo, es obligatorio un estudio de impacto ambiental cuando hay cambios de uso de suelo agropecuario, que es el caso de los desmontes mayores a cinco *ha* en zonas áridas y 2 *ha* en zonas templadas. Desafortunadamente existen vacíos legales, porque los desmontes para la introducción de pastizales en tierras que ya son de uso ganadero no son sancionados. Los pastizales introducidos son considerados como una medida que siempre mejora los agostaderos, no se toma en cuenta el fuerte daño ambiental que puede causar su establecimiento por la pérdida de especies vegetales nativas y biodiversidad, en general. (Bravo Peña, et al., 2010)

El principal programa ganadero en México, el Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN), tiene como objetivo central incrementar la productividad pecuaria a través de apoyos para prácticas tecnológicas sustentables de producción. (SINADES, 2008) Para tal fin emplea un esquema de pago directo por cabeza de ganado inscrita en el programa, a cambio de que los ganaderos cumplan el compromiso de proteger, reforestar o revegetar 30 plantas por unidad apoyada y la realización, cada dos años, de una obra de conservación del suelo o agua. Sólo en las grandes propiedades se habla de un programa de ajuste de carga animal. El programa ha sido criticado porque al igual que en la LGEEPA, la siembra de pastos se considera como obra de conservación

aunque éstos sean a costa de la vegetación nativa, además de que los recursos en ocasiones se ocuparon para fines contrarios al objetivo del programa, por ejemplo para compra de ganado. (Bravo Peña, et al., 2010)

En Sonora se apoyaron en promedio 128.3 vientres por Unidad de Producción Pecuaria (UPP) que es muy grande si se compara con estados con gran producción ganadera como Veracruz (20 vientres) o Jalisco (30) lo que significa que el monto del apoyo por UPP es de los más altos de todo el país, además tiene una cobertura de 50.8% de la superficie ganadera estatal¹⁴. También fue el estado que presentó mayor número de solicitudes grupales a nivel nacional, 47% de los ganaderos recibió el apoyo a de forma grupal y 53% individual. (Universidad Autónoma Chapingo, 2006)

2.2.3 El sobrepastoreo en Sonora

El crecimiento del hato impulsado por la demanda de crías para su engorda en los ranchos del sur de Estados Unidos superó a la capacidad de carga del agostadero sonorense, por lo que se ha presentado un fuerte problema de sobrepastoreo.

La degradación del agostadero está ineludiblemente aparejada con la modernización de la ganadería en Sonora, porque fue después de la segunda mitad del siglo XX cuando aparecieron los primeros síntomas de deterioro, que no se habían presentado desde los orígenes de la actividad en la época colonial (Perramond, 2001). Es así como entre 1950 y 1985, las tierras dedicadas a la ganadería en la entidad se duplicaron, al pasar de 7,189,000 a 15,669,000 hectáreas, a su vez el número de cabezas pasó de 880,543 a 1,771,162, por lo que la cantidad de tierra disponible por cabeza no cambió en esos años (Pérez López, 1993)

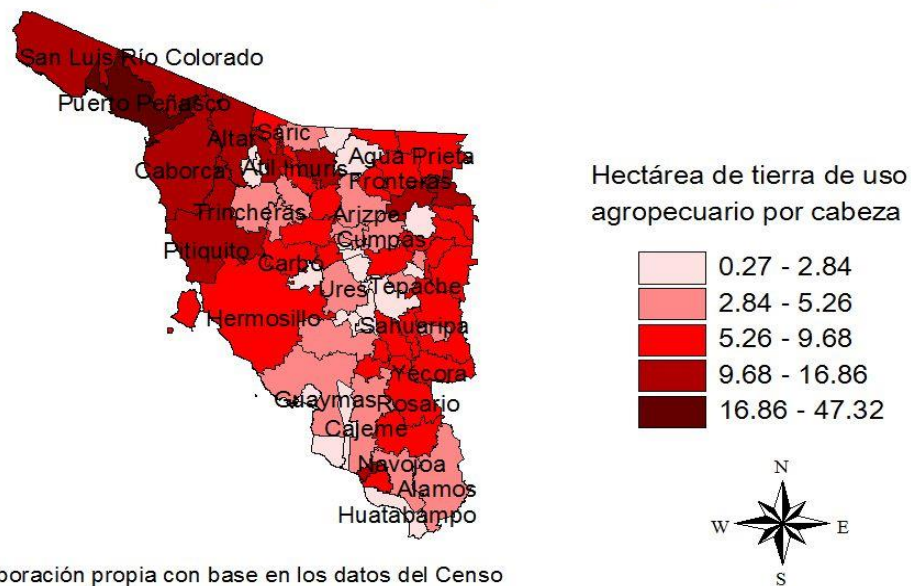
Moreno y colaboradores (2010) calcularon, con base en las estadísticas oficiales de los coeficientes de agostadero regionales para Sonora y las existencias de ganado bovino, que la sobrecarga animal era de aproximadamente 65% entre 2000 y 2005, ya que la capacidad de carga total del agostadero era de 770,980 unidades animales, mientras que en promedio para esos años habían 1,275,214

¹⁴ 7,623,993 ha de las 15,000,000 ha consideradas como superficie ganadera estatal.

animales. (Moreno M., et al., 2010). No obstante, la sobrecarga después de incluir las praderas con buffel, los cultivos forrajeros y esquilmos agrícolas, se calculaba sólo en 12% arriba de la capacidad de carga, aunque también la capacidad de carga podría ser menor que la estimada. (Moreno, et al., 2011)

En el siguiente mapa se corrobora que la disposición de tierra por cabeza de ganado es en la mayoría del estado menor a 9.68 hectáreas (*ha*), mientras que el coeficiente de agostadero para Sonora, calculado por la COTECOCA, indicaba un rango de entre 13 y 46 *ha*, con una ponderación de 22.36¹⁵. En la parte noroeste es donde hay mayor disponibilidad de tierra, pero es también una de las zonas con menor vegetación en el estado.

Mapa 6. Número de hectáreas de uso agropecuario por cabeza de ganado bovino en los municipios de Sonora, 2007.



Fuente: elaboración propia con base en los datos del Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, INEGI.

Al analizar el comportamiento del inventario a más largo plazo, se observa que se ha reducido desde 1985, cuando Pérez (1993) señalaba que había alcanzado 1.77 millones de cabezas. Como puede observarse en la Tabla 5, éste ha fluctuado y alcanzó un máximo en 1993 cuando se registraron 1,690,383 animales, pero

¹⁵ Coeficientes de agostadero por entidad federativa, http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/02dim_economica/02_02_Agricultura/data_agricultura/Cuadroll.2.4.4.htm consultado el 3 de diciembre de 2011.

después sucedió el periodo con las menores precipitaciones históricas de los últimos años –que inició en 1996 y se prolongó hasta 1998– por lo que se redujo hasta 1,104,944 en 1998. Después el hato se ha ido recuperando, pero no se ha conseguido el nivel de 1993, en parte, porque las condiciones meteorológicas han sido un fuerte impedimento. Sin duda la actividad ganadera enfrenta un límite físico fundamental porque los agostaderos sonorenses tienen una capacidad de carga definida que ha sido rebasada.

Tabla 5. Inventario de ganado bovino en Sonora por tipo de animal, 1990-2005					
Año	Vacas Mayores de 3 años	Toros Mayores de 3 años	Vaquillas y novillos De 1 a tres años	Becerras y becerros Menores a 1 año	Total
1990	694,284	59,324	324,519	426,134	1,504,261
1991	738,607	63,120	345,328	429,900	1,576,955
1992	798,891	64,752	310,902	464,077	1,638,622
1993	837,901	65,846	318,060	468,576	1,690,383
1994	842,075	65,955	308,412	467,034	1,683,476
1995	808,313	62,722	300,378	425,780	1,597,193
1996	766,402	67,326	301,045	442,845	1,577,618
1997	611,038	57,414	311,368	401,467	1,381,287
1998	594,340	48,102	204,031	258,471	1,104,944
1999	747,159	56,745	254,705	417,625	1,476,234
2000	734,445	54,091	249,730	390,274	1,428,540
2001	759,965	56,606	250,238	421,931	1,488,740
2002	792,676	56,959	230,693	444,487	1,524,815
2003	791,273	55,440	242,351	382,100	1,471,164
2004	788,364	54,983	210,767	401,033	1,455,147
2005	794,091	54,858	214,212	417,031	1,480,192

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de (Moreno M., et al., 2010) y en (Fundación Produce Sonora, COFUPRO, 2002)

Pero la presión sobre el recurso tierra ha sido diferenciada ya que los factores humanos y ecológicos son muy variables entre las diversas regiones de Sonora. Algunos pequeños productores recibieron pocas tierras o de baja calidad durante el reparto agrario, hicieron un uso muy intensivo de la misma, de modo que para la

década de 1980 había índices alarmantes de sobrepastoreo en la zona serrana, que iban del 284% en Bacoachi, hasta 780% en San Pedro (Pérez López, 1993) Diversos autores y las propias autoridades ganaderas reconocen que es un problema severo porque se ha presionado fuertemente el suelo. En la Ley de Ganadería para el Estado de Sonora en el Artículo 150 se establece que:

“Los ganaderos propietarios o poseedores de terrenos de agostadero están obligados a conservar y mejorar la condición y productividad de su pastizal, así como a prevenir y contrarrestar la erosión del suelo mediante la utilización adecuada del recurso forrajero y las obras para la conservación del mismo.” (Congreso del Estado de Sonora, 2005)

Sin embargo, no hay sanciones ni mecanismos específicos para el logro de tal fin. En el Plan Estatal de Desarrollo 2009-2015, se reconoce la importancia de la conservación del suelo y de la implementación de medidas para el uso sustentable de los recursos naturales, pero siguen en la línea de favorecer el aumento de la producción.

Se habla del ajuste de carga animal, pero como ya se mencionó, éste más bien ocurre cuando las condiciones meteorológicas lo obligan. Asimismo, los ganaderos sonorenses apenas recientemente empezaron a poner atención en los problemas de erosión, ya que antes sólo se ocupaban de aspectos económicos y de sequía. (López Reyes, 2006)

Algunos estudios científicos encontraron evidencia de que hay mayores temperaturas, menor cubierta vegetal y mayor compactación del suelo en las zonas sobrepastoreadas del norte de Sonora. (Bryant, et al., 1990) (Balling, et al., 1998). Entre las consecuencias están el deterioro de los ecosistemas que ocasiona una reducción significativa de la biodiversidad, pérdida de la cubierta vegetal, reducción en la materia orgánica en el suelo, incremento en la generación de partículas y cambios significativos en los ciclos bioquímicos. Los cambios en la estructura de la vegetación pueden afectar la atmósfera en escala local y regional, lo que implica que existe un potencial significativo para la retroalimentación positiva que amplifique esos cambios.

En el vecino estado norteamericano de Arizona, que comparte condiciones agroecológicas con Sonora, sucedió un caso de sobrepastoreo que ilustra la

gravedad de los daños ecológicos asociados con éste y sus desastrosas consecuencias en el largo plazo. Durante la década de 1880 fueron introducidas, en la zona cercana al *Little Colorado River*, miles de cabezas de ganado provenientes de Texas, en donde a su vez ya existía para esas fechas un severo problema de erosión por sobrepastoreo. Las existencias alcanzaron las 60,000 cabezas en dos millones de acres, es decir, entre dos y tres veces lo que la tierra podía soportar. La naturaleza especulativa de la industria de la carne en Estados Unidos durante el siglo XIX influyó en esta situación, las decisiones de comprar y engordar ganado –en número y densidad excesiva de cabezas– obedecían al mercado y no a las consideraciones de las condiciones ambientales de la región. La sobrecarga y las desastrosas sequías de la década de 1890 tuvieron un impacto devastador en el pastizal del centro de Arizona, ya que hubo una gran reducción de la productividad del agostadero (el potencial forrajero era de 92 kg pero se producían 41 kg de forraje por *ha*) A pesar de que ha transcurrido un siglo desde entonces, se puede sostener quizá sólo un tercio o la mitad del número de unidades animales anterior a 1880. (Abruzzi, 1995).



Ejido Salvador Alvarado. Costa de Hermosillo, Sonora, julio de 2012.

2.2.4 El zacate buffel

Desde la década de 1990 ha crecido rápidamente el número de hectáreas (*ha*) sembradas con este zacate de origen africano. En 2005 llegó a 986,155 hectáreas, el 6.3% de la superficie pecuaria de la entidad (López Reyes, et al., 2010) Bravo y colaboradores calculaban que se había rebasado el millón de hectáreas sembradas con buffel y que incluso esa cifra podría estar subestimada. (Bravo Peña, et al., 2010) Es posible que en los siguientes años siga aumentando la superficie con buffel, porque existe potencial para introducirlo en 2 millones de *ha* adicionales. El costo de establecimiento del zacate es alto, por lo que se requiere de un buen manejo y la aplicación de diversas prácticas de mejoramiento para mantener la productividad y prolongar la vida útil de las praderas. (Ibarra Flores, et al., 2004)

Tabla 6. Características de las praderas de zacate buffel en Sonora				
Zona	Precipitación	% del total de praderas buffel del estado	Producción anual de forraje en base seca en pradera de buena condición	Capacidad de carga
<i>seca</i> costa y norte del estado	200 a 280 mm	21%	1.2 a 1.8 ton/ <i>ha</i>	4 ha/UA en condición excelente, 6 en buena, 9 en regular y más de 12 en pobre
<i>centro</i> zona central y sierra baja	300 a 450 mm	69%	1.8 a 2.5 ton/ <i>ha</i>	3 ha/UA en condición excelente, 4 en buena, 8 en regular y más de 10 en pobre
<i>Sur</i>	Más de 470 mm	10%	2.5 a 3.5 ton/ <i>ha</i>	2 ha/UA en condición excelente, 3 en buena, 5 en regular y más de 8 en pobre

Con base en (Miranda Zarazúa, et al., 2004)

La siembra de zacate buffel, en condiciones adecuadas para su desarrollo, aumenta sustancialmente la capacidad de carga de los ranchos. Por ejemplo, en un rancho con capacidad de carga de 40 UA y 1,000 *ha* de pastizal en condición pobre, se podría incrementar la capacidad de carga hasta las 333.3 UA en cinco años con la siembra de buffel en 200 *ha* del rancho. Pero este tamaño de rancho no es propio de los pequeños productores, que representan 83% de los usuarios del suelo, con extensiones de terreno que oscilan entre 10 y 100 *ha* y con menos de 40 UA. Adicionalmente, el alto costo de las prácticas de mejoramiento como la siembra, muestra que es una alternativa poco viable a menos que haya financiamiento externo, particularmente con apoyo del gobierno, que sea financiamiento flexible con pagos anuales accesibles. Otras opciones son la diversificación productiva que permita generar recursos adicionales al rancho, pero sin presionar el ambiente, por ejemplo la producción de quesos, el aprovechamiento de fauna cinegética y especies vegetales. (Ibarra Flores, et al., 2005)

Aunque la introducción de buffel y otros pastos aumenta la capacidad de carga, hay una discusión sobre sus posibles efectos nocivos, ya que si no se siembra adecuadamente no es productivo y sólo se daña el agostadero, sobre todo cuando se desmonta para su siembra. (Ibarra Flores, et al., 2005) Se señala que menos de 20% de los desmontes para siembra de este zacate eran exitosos e incluso en éstos la productividad forrajera no era óptima (Bravo Peña, et al., 2010) Franklin y colaboradores (2006) recomendaban no permitir más desmontes para introducir buffel hasta que hubiera suficientes evidencias científicas sobre su nivel de productividad, porque habían encontrado que era menor la productividad primaria en las áreas sembradas con este zacate comparadas con las de vegetación nativa. (Franklin, et al., 2006)

Otra característica que pone en entredicho el uso de esta planta es que es muy invasiva. En 1997 se calculaba que podría tener presencia en dos terceras partes del territorio sonorense. Suele formar manchones densos durante los años lluviosos, que son propensos a incendios en las épocas secas. Las plantas nativas no están adaptadas al fuego pero el buffel sí, por eso después de varios incendios

puede colonizar y dominar una zona. Esto a su vez aumenta el riesgo de incendio y amenaza aún más a las plantas nativas. La situación se agrava con las prácticas de quema que son comunes en las épocas secas para eliminar las espinas de las plantas con la finalidad de alimentar al ganado. (Bravo Peña, et al., 2010) Incluso en el sur de Arizona existe una asociación llamada *Southern Arizona Buffelgrass Coordination Center*, que se encarga de controlar su expansión con la finalidad de evitar incendios. (Southern Arizona Buffelgrass Coordination Center, 2013)

2.2.5 Emisión de gases de efecto invernadero (GEI)

Aunque este trabajo se centra en el recurso suelo en su sentido amplio y en el manejo económico de los ranchos, es importante mencionar al menos tangencialmente el tema de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) por parte de la ganadería, ya que el total de las emisiones asociadas a las cadenas productivas de la ganadería ascienden a 7,1 gigatoneladas (Gt) de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) por año, el 14.5% del total de emisiones de GEI de origen humano (FAO, 2013)

Las principales fuentes de emisión son: la producción y procesamiento de alimentos (45%), las emisiones de GEI durante la digestión de las vacas (39%), y la descomposición del estiércol (10%) El resto se debe al procesado y el transporte de productos de origen animal. La cría de ganado vacuno contribuye con 65% del total de emisiones de GEI del sector ganadero, pero ofrece a su vez el mayor potencial de reducción. (FAO, 2013)

Entre las recomendaciones de FAO (2013) para reducir las emisiones en la ganadería están:

- Mejorar la digestibilidad de los piensos y el uso de mejores prácticas de alimentación, que reducen la producción de metano en la digestión
- Lograr una mejor salud de los animales
- Selección genética para mejorar el rendimiento de los animales
- Reducir el porcentaje de rebaños dedicados al mantenimiento y no a la producción
- Mejorar el pastoreo y la gestión de los pastos

- Uso de prácticas y equipos que ahorran energía
- Reducir la generación de residuos
- Aumentar el reciclaje
- Cambiar a piensos de baja intensidad de emisiones
- Fomentar el ahorro de energía en cada paso de la cadena de producción

En el estado de Sonora, las principales fuentes de emisiones de GEI son el uso de energía¹⁶ y la agricultura. En el 2005, estos sectores constituyeron el 66% y el 17% del total de las emisiones de GEI en el Estado de Sonora, respectivamente. En el ámbito nacional, los porcentajes fueron de 63% y 7% de las emisiones brutas de GEI en México para el mismo año. En el sector agrícola, se debe a los efectos sobre el ciclo del nitrógeno, la liberación de metano hacia la atmósfera por parte del ganado por a la fermentación entérica y a la descomposición anaeróbica del estiércol. (Maytorena Quintero, et al., 2008)

Se calculó que las emisiones del sector agrícola se incrementarán alrededor de un 24% del 2005 al 2020, y la mayor parte de este incremento se derivará de los suelos agrícolas y la fermentación entérica, con índices de crecimiento medio anual de 1.7% y 1.5%, respectivamente. (Maytorena Quintero, et al., 2008)

Existe cierta incertidumbre en el cálculo de las emisiones, dada la escasez de datos confiables y consistentes que abarquen lapsos de tiempo amplios. Esta misma dificultad surge cuando tratan de cuantificarse los efectos del cambio climático. En un estudio realizado por SAGARPA y FAO (SAGARPA, FAO, 2012) estimaron los riesgos en el sector agropecuario derivados del cambio climático. Dividieron el país en ocho regiones con base en la extensión territorial y las diferencias climáticas, geográficas y económicas. Sonora, junto con Sinaloa, Baja California y Baja California Sur, componen la Región 8.

En el modelo estimado para dicha región, advirtieron que la relación entre la temperatura y la precipitación es muy compleja. Ambas variables mostraban una relación cóncava con el ingreso neto agropecuario, es decir, que se obtendrían

¹⁶ El uso de energía incluye actividades tales como la generación de potencia, el transporte, la producción de combustibles fósiles y la exploración, así como el consumo residencial, comercial e industrial de combustibles primarios (Ej. gasolina, diesel, carbón, gas natural, gas licuado de petróleo) (Maytorena Quintero, et al., 2008)

ganancias hasta cierto aumento de las variables climáticas. Después de cierto nivel, cada elevación adicional en la temperatura o precipitación repercutiría en una disminución en los ingresos de las Unidades Económicas Rurales (UER). El patrón de crecimiento de las plantas por lo general también muestra una relación cóncava con la precipitación y la temperatura. (SAGARPA, FAO, 2012)

Los efectos del cambio climático ya son evidentes en los últimos años, a través de la mayor presencia de eventos climáticos extremos como inundaciones, lluvias torrenciales y sequías atípicas, con efectos negativos en la producción agropecuaria. En la Región 8, se espera que la reducción en las precipitaciones deteriore la producción de pastizales, que caería de 563,760 a 278,709 toneladas, lo que implica una reducción significativa en la disponibilidad de alimento forrajero para la producción de carne y leche. Se vería afectado el rendimiento por unidad animal, que en el caso de la leche pasaría de 201 litros a 200.8 litros en promedio; para la producción de carne, se espera que pase de 375.7 kilos en promedio a 374.6 por unidad animal. Aunque son pequeñas reducciones, no consideran los costos adicionales que deberán afrontar los productores para compensar la menor productividad de los pastizales. (SAGARPA, FAO, 2012)

Entre las opciones de adaptación al cambio climático para el sector agropecuario se encuentran:

- Desarrollo de innovaciones, tales como el desarrollo de nuevos cultivos, variedades y razas más resistentes a las variaciones climáticas. De igual modo, se sugiere el desarrollo de sistemas de alerta climática temprana y la recolección de datos climáticos para proporcionar previsiones diarias y estacionales.
- Mecanismos institucionales. La integración del cambio climático en todas las políticas y programas del sector agropecuario. Fortalecer las acciones de la SAGARPA en materia de adaptación.
- Modificación de las prácticas agropecuarias. Entre éstas se encuentran la diversificación de los tipos y variedades de cultivos, implementación de prácticas de riego para hacer frente a la frecuencia de sequías, el ajuste de la época de siembra, la introducción de razas o variedades nuevas de

ganado, con resistencia a los efectos del cambio climático. Las prácticas de conservación de los suelos que incrementen el contenido de materia orgánica, la concentración de elementos nutritivos y la capacidad de retención de agua.

- Herramientas financieras. El desarrollo de estas herramientas se requiere para capitalizar a los productores, así mismo se necesitan esquemas de aseguramiento de cultivos para hacer frente a las pérdidas relacionadas con los efectos del cambio climático. La vulnerabilidad en los ingresos afectará en particular a los pequeños productores, por ello deben desarrollarse instrumentos adecuados para que afronten los costos del calentamiento global, anticiparse a los desastres climáticos y contener la alta volatilidad en los ingresos que se prevén en el mediano plazo.

De lo anterior se desprende que tanto las medidas de mitigación como de adaptación requieren del compromiso de los gobiernos pero sobre todo de los productores, que deben mejorar el manejo de sus ranchos tanto para reducir su contribución al cambio climático como su vulnerabilidad, donde el recurso suelo es fundamental.

2.3 Indicadores de la ganadería bovina en Sonora

2.3.1 Impacto socioeconómico

Salazar Solano y colaboradores (2011) realizaron una matriz de posicionamiento estratégico para el sector agropecuario en Sonora a fin de detectar las cadenas productivas relevantes del estado. A través de esta matriz se definen las actividades prioritarias de acuerdo con su impacto socioeconómico¹⁷ y con su competitividad¹⁸ (Tabla 6.)

Tabla 7. Matriz de posicionamiento estratégico

¹⁷ Incluye aspectos como la generación de empleos, el valor de la producción, la especialización y concentración.

¹⁸ Con base en la productividad, el valor de la producción respecto a los salarios, precios

Alto impacto socioeconómico	I. Prioridad estratégica	III. Sostenimiento
Bajo impacto socioeconómico	II. Impulso	IV. Mantenimiento
	Alta competitividad	Baja competitividad

Fuente: Salazar Solano et al. (2011, p. 125)

Definieron como actividades de alta prioridad estratégica la porcicultura, la producción de vid y la acuicultura, mientras que el bovino junto con el trigo, la vid industrial y el nogal eran de sostenimiento. Es decir, esto sirve para ejemplificar que la ganadería bovina tiene alto impacto socioeconómico, aunque es una actividad poco competitiva que ha perdido dinamismo respecto a otras ramas pecuarias como la porcicultura.

Sin embargo, la exportación de becerro en pie permanece como generadora de divisas y empleos. Entre 2000 y 2009, se exportaron en promedio 258,196 becerros al año, que generan más de 110 millones de dólares (Moreno Medina, et al., 2008) Es decir, cerca de 994 millones de pesos en 2009. Sumadas a la producción de carne cuyo valor fue de 3,767.5 millones, el sector tuvo ingresos por 4,761 millones de pesos ese año. (Moreno, et al., 2011) En 2010 las exportaciones ascendieron a 116.5 millones de dólares (SAGARHPA, 2010) Además, genera aproximadamente 23,050 empleos que benefician a más de 30,000 familias. (OIEDRUS, s.f.)

También entre los aspectos sociales debe destacarse que “...en Sonora, ser ganadero es motivo de orgullo” (Moreno Medina, et al., 2008) Para los ganaderos sonorenses, particularmente los pequeños, la obtención de un margen de ganancia no es necesariamente la motivación para permanecer como ganadero: “La resistencia que oponen a la venta de sus vientres y sus tierras cada año durante ‘la temporada’, denota su afán de conservar no sólo una propiedad por su valor monetario, sino en general una forma de sobrevivir que ha definido su identidad durante siglos. Perder su categoría de ganaderos, es perder personalidad. Sin embargo, el ciclo de producción de su actividad pecuaria los

condena a un círculo vicioso de endeudamiento que tiene pocas posibilidades de romperse”. (Andablo y Camou, 2001, p.97)

Los pequeños ganaderos usualmente culpan a la falta de lluvias de su mal desempeño, no aceptan que tener un exceso de ganado es dañino para el estado del suelo: “...un funcionario del gobierno estatal, quien lleva más de tres décadas trabajando en el ámbito de la ganadería comenta que, ‘los pequeños ganaderos tienen más ganado del que pueden alimentar sus tierras, la realidad es que sacan todo el recurso hasta dejar las tierras sin nada. Cuando les planteas la necesidad de mantener la carga recomendada de acuerdo al potencial de sus tierras argumentan ‘no me van a decir cómo debo manejar mis tierras, si de allí comemos’. Al fin llegas a multarlos y terminas dándoles dinero” (López et al., 2010, p.237)

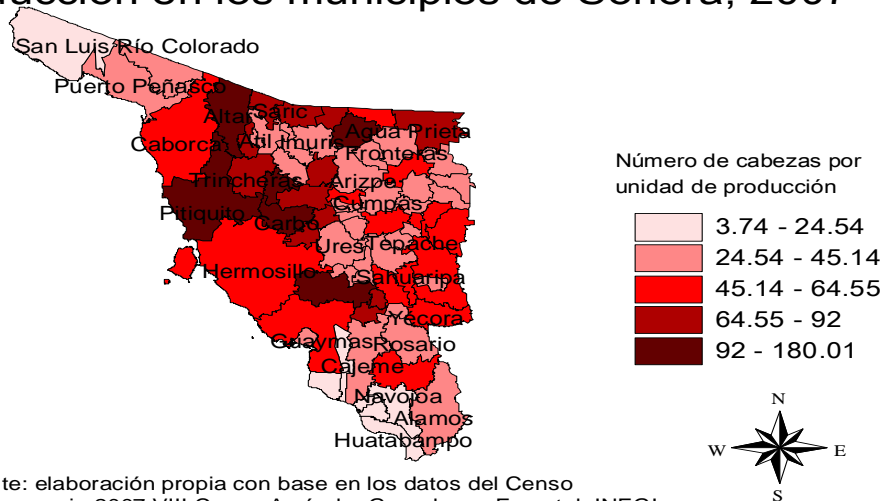
2.3.2 Características de las unidades de producción

En la entidad, de acuerdo con el VIII Censo agropecuario, en 2007 el régimen de tenencia de la tierra predominante fue el de propiedad privada, que abarcaba 70.53% de la superficie agropecuaria, 25.55% era de tipo ejidal y 3.52% restante correspondía a tierras comunales y públicas. El 93.45% de la tierra en el estado es propia y sólo 3.2% es rentada.

En el estado hay 924 núcleos agrarios que tienen una superficie de 5,706,662.1 *ha*, esta extensión se reparte en comunal (el 87.09%), parcelada (12.38%) y asentamientos humanos (0.53%) de acuerdo con el Programa de certificación de derechos ejidales y titulación de solares (PROCEDE) (INEGI, 2007)

Predomina la pequeña propiedad (Mapa 7), ya que en promedio cada unidad de producción tiene 42.16 cabezas de ganado, con un máximo de 180 cabezas por unidad de producción por municipio. Sin embargo, este promedio oculta grandes disparidades al interior de los municipios.

Mapa 7. Cabezas de ganado bovino por unidad de producción en los municipios de Sonora, 2007



Fuente: elaboración propia con base en los datos del Censo Agropecuario 2007 VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, INEGI.

Camou y Pérez López (S/F) realizaron una estratificación de cuatro grupos de ganaderos en el centro de Sonora de acuerdo con el número de cabezas que poseían. Casi 59% de las unidades era dueña del 7.5% del hato; y de éstas un 70% no llegaba a poseer más de 60 reses: la mayoría la constituían *los poquiteros* (propietarios con menos de 30 vientres). El 30% restante era dueño del 87% de las reses. Otros autores como Denogean y colaboradores mencionan con base en datos oficiales, que 77% de los productores tiene 34% de los vientres mientras que 9% concentra 45% de los mismos. 82.15% tienen entre 1 y 50 vientres, con 49.28% del inventario total de ganado, 7.83% tienen entre 51 y 200 vientres y 29.05% del inventario. (Denogean B., et al., 2012)

Los indicadores técnicos de rentabilidad de los ranchos, en general, se encuentran por debajo de lo que se considera óptimo. Hay bajas tasas de parición, de 35 a 50% en ejidos y comunidades y de 40 a 75% en el sector privado, cuando debería situarse alrededor de 75 a 90%. Los pesos promedio al destete fluctúan entre los 150 a 175 kg, lo recomendable serían pesos promedio de 200 kg o más. (Ibarra Flores, et al., 2011)

La escasez en la disponibilidad de forraje de buena calidad repercute en la rentabilidad de los ranchos porque los intervalos entre partos de las vacas se

alargan entre 18 y 24 meses, hay bajos índices de fertilidad y parición y bajos pesos al destete. (Moreno, et al., 2011)

Es importante considerar que la precipitación por sí sola no beneficia al agostadero. (Moreno, et al., 2011) “Hay años que llueve poco y rinde más el forraje porque cae en las épocas en que las plantas la aprovechan mejor, no se desperdicia porque el agua escurre poco. Hay años que llueve mucho y no rinde el forraje porque cae fuera de la época de crecimiento de las plantas o porque cae en forma de chubascos y mucha agua corre, escurre y no se queda en el suelo.” (Denogean B., et al., 2012)

Por otra parte, el mal manejo, las malas condiciones del agostadero y las sequías, son situaciones en las que el ganado se ve obligado a consumir la vegetación que normalmente les sería inaceptable. El consumo de plantas tóxicas puede causar problemas que incluyen muerte, pérdida de peso, problemas reproductivos tales como abortos, conductas anormales de apareamiento, defectos en los becerros, largo periodo entre partos y mala alimentación. En Sonora se han detectado 184 especies de plantas tóxicas, de las cuales 59 las consume el ganado. Moreno y colaboradores (2010) calcularon las pérdidas económicas en la entidad causadas por las muertes de los animales entre 2001 y 2005. Establecieron que las pérdidas equivalían al 1% del ganado crecido, en términos monetarios representaba alrededor de 60 millones de pesos. Asimismo, se pierde 1% de crías, con un costo de 30 millones de pesos. En conjunto se estimaban alrededor de 90 millones en pérdidas, lo cual equivalía a 115 pesos por vaca en los ranchos (Moreno M., et al., 2010)

Para mejorar la retención del agua y las condiciones del agostadero que permitan obtener forraje de buena calidad que reduzca problemas como los descritos respecto de las plantas tóxicas, es necesario implementar las prácticas de manejo descritas en el capítulo 1.

Capítulo 3. Metodología

3.1 Materiales y métodos

Existe diversidad de estudios sobre degradación de suelos en general y en Sonora en particular, los cuales se han centrado en aspectos biofísicos y en la urgencia de implementar medidas para frenar su avance. Sin embargo, se ha estudiado poco respecto a este tema desde la perspectiva económica. En este trabajo se pretende investigar en esa dirección.

Para tal fin, es fundamental averiguar las características de los ganaderos, su estructura productiva y el manejo de los recursos en sus ranchos. No se encontraron estadísticas oficiales que profundicen sobre dichas características, ya que los censos elaborados por la Unión Ganadera Regional de Sonora (UGRS) y SAGARPA presentan datos como el número total de cabezas de ganado y la extensión de los ranchos. Por su parte, las estadísticas ambientales de SEMARNAT se presentan a nivel agregado.

Para obtener información detallada, se procedió a elaborar un cuestionario para realizar trabajo de campo en el estado de Sonora. Se contempló la dificultad de aplicar una cantidad suficiente de cuestionarios a una muestra representativa de la población, debido a la lejanía de la zona de estudio, las limitaciones de tiempo y de recursos económicos, por lo tanto se eligió el método no paramétrico del Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis, DEA) para analizar la estructura productiva del rancho, con la finalidad de relacionar su uso de recursos para la producción de ganado con las variables de manejo de suelos.

Se aplicaron 22 cuestionarios en forma aleatoria entre el 3 y el 12 de julio de 2012.¹⁹ Las encuestas fueron elaboradas con la técnica de entrevista con una duración de entre 20 y 45 minutos, de este modo se pudo conseguir información

¹⁹ El cuestionario piloto se aplicó el 1 de julio en la ciudad de México a dos ganaderos de la zona de tierra caliente en Michoacán.

adicional. El lugar en el que se llevaron a cabo fue principalmente en las instalaciones de la Unión Ganadera Regional de Sonora (UGRS) en Hermosillo, donde se obtuvieron 19 entrevistas, ya que el Mtro. Rogelio Alcaraz, gerente de la UGRS, proporcionó un espacio para la realización de las entrevistas a los ganaderos que acudieron a la Unión para realizar diversos trámites, en particular el apoyo de emergencia para la compra de forrajes que otorgó el Gobierno Federal, como parte de su programa para hacer frente a la sequía del año 2011. Se entrevistó a los que voluntariamente quisieran contestar el cuestionario. En general los ganaderos tuvieron disposición para cooperar, sobre todo porque se generó un clima de confianza gracias al apoyo del Ing. Alcaraz.

Para aumentar la diversidad y el número de encuestas, se realizó una el día 6 de julio en el ejido Salvador Alvarado, ubicado en la costa de Hermosillo. Otra se realizó en el CIRNO-INIFAP y otra más en las instalaciones de la Unión Nacional de Productores de Ganado A.C. Sonora (UNPGS) esta última es una organización alterna a la UGRS, fundada en 1993 a raíz de las reformas a la Ley de Asociaciones Ganaderas, que surgió por la necesidad de representación que tienen los pequeños productores pecuarios.

3.1.1 Cuestionario

Para cumplir con los objetivos de esta investigación, se procedió a obtener información sobre los ganaderos sonorenses y sus prácticas de manejo de suelo. Se formuló un cuestionario con base en las fuentes siguientes:

- El “Formato de inscripción o actualización al Padrón Ganadero Nacional de la SAGARPA y CNOG”, proporcionado por el Dr. Esteban Labrandero Íñigo, Director General del Sistema Nacional de Identificación Individual del Ganado.
- Manual de Evaluación Local de la Degradación de Tierras Áridas (LADA-L) de FAO, WOCAT (McDonagh, 2007)
- Los artículos de Ibarra Flores y colaboradores (2004, 2005, 2011) Martín Rivera y colaboradores (2003) Parra Galindo y colaboradores (2008)

- El trabajo de tesis de maestría de Andablo Reyes (1999) y el artículo de Andablo y Camou (2001)

El instrumento se compone de 147 preguntas divididas en cuatro partes. En la primera se preguntaron aspectos socioeconómicos del productor, en la segunda la estructura de la unidad de producción pecuaria, en la tercera la estructura de ingresos y costos del predio, en la cuarta las prácticas de manejo sustentable. (Véase anexo 1)

Una encuesta fue desechada porque la única función zootécnica de la empresa es la producción de leche con ganado estabulado, cuyo análisis está fuera de los propósitos de esta investigación, de forma que la muestra final es de 21 ganaderos.

3.2 Estratificación de los ganaderos

Para definir el tipo de productor, se realizó una estratificación con base en los datos del Censo Ganadero Estatal del año 2009 para la entidad. Habían registrados 45,317 productores de ganado, de los cuales 11,139 no tenían ninguna cabeza. Los 34,178 ganaderos que reportaron poseer ganado bovino, en promedio tenían 35.15 animales o sea 30.34 unidades animales (UA)²⁰ con una desv std de 108.19.

La variable utilizada para la estratificación es el número de UA. Las equivalencias para transformar el tipo de animal en UA se calculan del siguiente modo:

²⁰ Como se expuso en el capítulo 1, la UA es una forma de homogeneizar la medición de la carga animal, ya que no son los mismos requerimientos para alimentar por ejemplo a una vaca adulta que un novillo.

Tabla 8. Equivalencias de ganado bovino	
Tipo de ganado	Unidad Animal UA
Una vaca de 400 a 450 kg de peso	1.00
Una vaca adulta con su cría (menor de 7 meses)	1.00
Un toro adulto	1.25
Una cría de bovino destetada (8 a 12 meses)	0.60
Un bovino añojo (de más de 12 meses y menos de 17)	0.70
Un bovino añojo (de 17 a 22 meses)	0.75
Un bovino de 2 años	0.90

Fuente: SAGARPA (2000)

Siguiendo el trabajo de Bravo Peña y colaboradores (2010) se pueden definir cuatro estratos de productores:

1 a 30 cabezas. Poquiteros. Se caracterizan por pocas o nulas mejoras tecnológicas. Se dedican a la producción de leche, queso, becerros y otras actividades complementarias. Fundamentalmente ejidatarios.

31 a 60 cabezas. Medio bajo. Se orientan a la venta de leche, queso, venta de becerros. Ocasionalmente pueden acceder a créditos para mejoras productivas. Sector privado y también algunos ejidatarios que generalmente trabajan en forma conjunta.

61 a 100 cabezas. Medio alto. En menor medida producen leche y queso porque están más orientados a la producción de becerros e incluso a la engorda. Contrata mano de obra externa. Fundamentalmente sector privado.

Más de 100 cabezas. Alto. Netamente empresarial. Producción, engorda e incluso compra-venta de becerros para exportación. Acceso a recursos, contrata mano de obra, corrales equipados, praderas con buena cobertura vegetal, asistencia veterinaria. Sector Privado.

En esta investigación se consideró el cálculo del número de UA en lugar del número de cabezas porque es una forma de homogeneizar los diversos tipos de animales. Los resultados para el estado de Sonora pueden verse en el siguiente cuadro:

Tabla 9. Estratificación de los productores de ganado bovino en Sonora con base en el número de UA				
Estratos por UA	Número de productores	Porcentaje	Número de UA	Porcentaje
De 1 a 30	21,628	63.28 %	302,273.45	21.99%
Más de 30 a 60	7,477	21.88%	313,601.5	22.81%
Más de 60 a 100	2,647	7.74%	200,761	14.60%
Más de 100	2,426	7.10%	558,163.7	40.60%
Totales	34,178	100%	1,374,799.65	100%

Fuente: elaboración propia con base en el Censo Ganadero Estatal, 2009

Se observa que el 63.28% de los productores entran en la categoría de poquiteros porque tienen hasta 30 cabezas, mientras que sólo el 7.10% tiene más de 100 UA. Del total de UA, el 40% del ganado lo concentran los que tienen más de 100, mientras que 44.80% está en posesión de los que tienen hasta 60 UA.

Se decidió que parte de la muestra estuviera centrada en ganaderos medianos y grandes –netamente empresariales–, ya que se infirió que.

Los productores entrevistados que dijeron tener más de 60 UA, entrarían en la clasificación de medio alto y alto, por lo tanto se supone que tendrán los incentivos y los recursos económicos para implementar mejoras en sus ranchos y las prácticas manejo para producir de forma eficiente y sustentable. Por lo tanto, la aplicación de la encuesta se centró en los ganaderos de los dos últimos estratos, pero con referencia a los otros tipos de productores.

3.3. El Análisis Envolvente de Datos (DEA)

Con la información obtenida en la segunda y tercera parte del cuestionario se aplicó el Análisis Envolvente de Datos (*Data Envelopment Analysis*, DEA) Este abordaje permite evaluar el desempeño de entidades que se denominan genéricamente como unidades para la toma de decisión (*Decision Making Units*, DMU), en términos de sus habilidades de convertir insumos (*inputs*) en un

producto final (*output*), por lo que su uso no se limita sólo a empresas,²¹ sino que también incluye agencias gubernamentales, hospitales, centros educativos y organizaciones sin fines de lucro. (Cooper, et al., 2004)

Si bien este método tiene sus orígenes en el trabajo de Farrel publicado en 1957 “The Measurement of Productive Efficiency,” en *the Journal of the Royal Statistical Society* (Cooper, et al., 2002), su aplicación se extendió a partir del trabajo pionero de Charnes, Cooper y Rhodes en 1978. El DEA es un modelo de programación lineal aplicado a datos observados que permite obtener estimaciones empíricas de las funciones de producción y las fronteras de posibilidades de producción eficientes sin necesidad de asumir una forma funcional *a priori*. Se enfoca en la construcción de fronteras más que de tendencias centrales. (Cooper, et al., 2004)

3.3.1 El modelo básico

La idea fundamental es la medición de la eficiencia relativa entre las DMU. Un indicador del desempeño de cualquier empresa es la productividad media (*average productivity*, AP) que puede escribirse como:

$$AP = y/x$$

Donde y es la cantidad de producto que se obtiene del insumo x .

Pero si conocemos la tecnología que usa esa empresa y por consiguiente su función de producción, podemos definir:

$$y^* = f(x) \quad (1)$$

Donde y^* es el máximo de producto que puede obtenerse del insumo x . (Ray, 2004) Entonces la eficiencia técnica (*technical efficiency*, TE) –en este caso orientada hacia el producto (*output oriented*)– indicará la relación entre lo que la empresa produce y el máximo que podría producir, es decir, el cociente:

$$TE_o = \frac{y}{y^*} \leq 1 \quad (2)$$

²¹ En el resto del capítulo se utilizarán los anglicismos *input*, *output* y las siglas DMU para referirnos a las entidades que se estudian, ya que con su traducción al español podría perder la generalidad que tienen estos términos en el contexto de habla inglesa.

Asimismo, podría tomarse el mínimo de insumo que hipotéticamente podría usar la empresa y el que realmente emplea, lo que mediría la eficiencia técnica orientada hacia el insumo (*input oriented*), dado por:

$$TE_i = \frac{x^*}{x} \leq 1 \quad (3)$$

No siempre es posible establecer *a priori* una función de producción para el cálculo de las x^* y y^* de un conjunto de entidades que se analizan. (Ray, 2004) Entonces para conocer su eficiencia, se utiliza el conjunto de posibilidades de producción T que se puede definir como:

$$T = \{(x, y \mid x \text{ inputs producen } y \text{ outputs})\}$$

Este conjunto simplemente establece las combinaciones técnicas posibles de un conjunto de *inputs* y *outputs* observados para una muestra de DMU. La frontera de este conjunto estará formada por las k entidades “más eficientes”.

El DEA compara una muestra de N entidades que se asume utilizan la misma tecnología de producción T (Kuosmanen & Kortelainen, 2004) Y se procede a construir una frontera determinada por las combinaciones de insumo y producto de las k unidades técnicamente eficientes, de forma que la distancia de las DMU restantes a esta frontera determina su grado de ineficiencia. (Ray, 2004)

Los supuestos relevantes que debe cumplir este conjunto son:

- Libre disponibilidad, implica que se puede producir y con un vector de x mayor que el absolutamente necesario.
- Convexidad, es decir, que es posible combinar las distintas entidades de la muestra. Por ejemplo si tenemos dos entidades, A y B, es posible tomar la mitad de ambas para obtener el producto promedio de éstas.
- Los inputs y outputs relevantes son observados para todas las firmas sin error. (Kuosmanen & Kortelainen, 2004)

Consideremos al conjunto de N entidades, las cuales producen m productos con n insumos. Para la empresa t existirá un vector de insumos $x^t = (x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt})$ y un vector de productos $y^t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{mt})$ Para medir su productividad promedio (AP), tendremos el cociente:

$$AP_t = \frac{v^{t'} y^t}{u^{t'} x^t} = \frac{\sum_{r=1}^m u_{rt} y_{rt}}{\sum_{i=1}^n u_{it} x_{it}} \quad (4)$$

donde $u^t = (u_{1t}, u_{2t}, \dots, u_{nt})$ representa un vector de ponderadores necesario para sumar los insumos –este vector puede interpretarse desde el punto de vista económico como los *precios sombra* de los insumos x^t – mientras que $v^t = (v_{1t}, v_{2t}, \dots, v_{mt})$ son los ponderadores de los productos –los precios sombra de y^t) (Ray, 2004)

Para obtener la eficiencia técnica de la empresa t , el problema consiste en maximizar AP_t y las restricciones estarán determinadas por las AP_j de las otras entidades:

$$\begin{aligned} & \text{Max} \frac{v^{t'} y^t}{u^{t'} x^t} \\ \text{s. a} \quad & \frac{v^{t'} y^j}{u^{t'} x^j} \leq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, t, \dots, N) \\ & u^t, v^t \geq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

La restricción $AP_j = \frac{v^{t'} y^j}{u^{t'} x^j} \leq 1$ garantiza que ninguna empresa tenga una AP mayor que la unidad y los *precios sombra* deben ser no negativos. Este es un problema de programación fraccional, con muchos vectores de precios (u, v) que satisfacen esas restricciones.

La transformación desarrollada por Charnes y Cooper (1962) selecciona una solución representativa, por ejemplo (u, v) tal que $\sum_{i=1}^n u_{it} x_{it} = u^{t'} x^t = 1$ puesto que si (u^*, v^*) es el óptimo, entonces $(\alpha u^*, \alpha v^*)$ es un óptimo también para $\alpha > 0$. (Cooper, et al., 2004) Un número fraccionario es invariante bajo la multiplicación de numerador y denominador por el mismo número distinto de cero, por lo tanto se realiza un cambio de variables de (u, v) a (μ, ν) , se establece que el denominador debe ser igual a uno y esto se convierte en una restricción adicional (Cooper, et al., 2002) Se obtiene el siguiente problema de programación lineal

$$\begin{aligned} & \text{Max} \sum_{r=1}^m \mu_{rt} y_{rt} \\ \text{s. a.} \quad & \sum_{r=1}^m \mu_{rt} y_{rj} - \sum_{i=1}^n u_{it} x_{ij} \leq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, t, \dots, N) \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^n u_{it}x_{it} = 1$$

$$\mu_{rt}, u_{it} \geq 0 \quad (6)$$

Para el cual el dual es

$$\theta^* = \min \theta$$

$$\text{s. a } \sum_{i=1}^n x_{ij}\lambda_j \leq \theta x_{it} \quad (i = 1, 2, \dots, n);$$

$$\sum_{r=1}^m y_{rj}\lambda_j \geq y_{rt} \quad (r = 1, 2, \dots, m);$$

$$(j = 1, 2, \dots, t, \dots, N);$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (7)$$

La solución óptima θ^* atribuye una medida de la eficiencia para cada DMU en particular con $0 \leq \theta^* \leq 1$. Si suponemos que $\theta = 1$ y que $\lambda_k = 1$ con $\lambda_k^* = \lambda_t^*$ y las demás $\lambda_j^* = 0$, entonces la solución existe e implica que $\theta^* \leq 1$. Las DMU con $\theta^* = 1$ formarían los puntos de la frontera, mientras que las DMU con $\theta^* < 1$ presentarían ineficiencia técnica. (Cooper, et al., 2004)

3.3.2 Las variables de holgura (slacks)

Pueden surgir dificultades para medir la eficiencia. Esto ocurre porque algunas secciones de la frontera (que es lineal) son paralelas a alguno de los ejes. Es decir, θ mide la eficiencia radial, porque todos los *inputs* se reducen en la misma proporción, (o en el caso de un problema orientado hacia el producto, se aumentan) pero podría suceder que el *input* x_{it} pueda reducirse en una proporción mayor manteniendo los demás constantes, entonces existirá una variable de holgura (*slack*) asociada a x_{it} (Coelli, 1996)

Cuando hay presencia de *slacks*, no se cumple con el criterio de Pareto-Koopmans que establece que: *La DMU será eficiente sí y sólo sí ninguno de los insumos o los productos pueden mejorarse sin empeorar alguno de los otros insumos o productos que obtiene la DMU.* (Cooper, et al., 2004)

En el caso del DEA, el desempeño de la DMU es completamente eficiente sí y sólo sí:

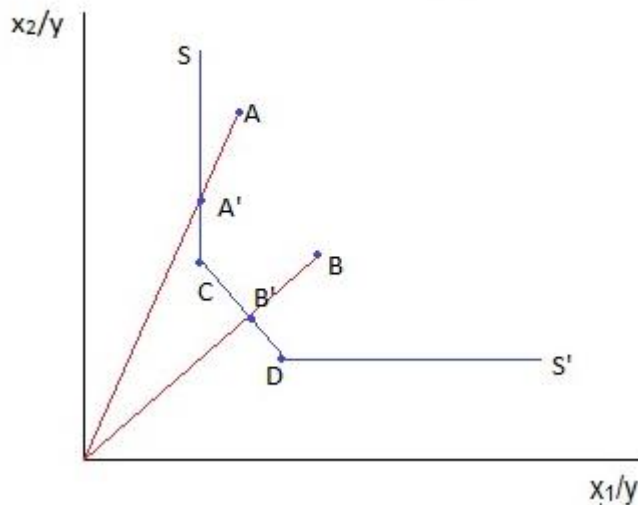
- i) $\theta^* = 1$
- ii) Todas las variables de holgura $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$, donde s_i^{-*} y s_r^{+*} son los slacks de los insumos y los productos, respectivamente.

La DMU tendría eficiencia débil sí y sólo sí sucede que

- i) $\theta^* = 1$
- ii) Las variables de holgura $s_i^{-*} \neq 0$ y/o $s_r^{+*} \neq 0$ para alguna i y alguna r en algún óptimo alternado. (Cooper, et al., 2004)

En la siguiente gráfica se ejemplifica esta situación con dos insumos y un producto:

Gráfica 1.
Medición de la eficiencia y slacks en los insumos



Fuente: con base en Coelli (1996, p.13)

Suponemos que hay cuatro DMU (A, B, C y D) que producen y con los insumos x_1 y x_2 . La frontera está formada por SCDS'. Los puntos A' y B' son las proyecciones de los puntos A y B en la frontera. Para B, existe una combinación convexa de los puntos C y D, pero para A no. La distancia CA' es el *slack* que mide la reducción adicional de x_2 con la que se produciría la misma cantidad de y . Cuando se trata de una mayor cantidad de DMU, estimar los *slacks* no es trivial. (Coelli, 1996) Para resolver este problema, una propuesta es incluir los *slacks* en el modelo DEA

original. Otra solución es calcular una segunda etapa que consiste en maximizar los valores de las variables de holgura:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \sum_{i=1}^n s_i^- + \sum_{r=1}^m s_r^+ = 1 \\
 & \text{s. a.} \sum_{i=1}^n x_{ij} \lambda_{ij} + s_i^- = \theta^* x_{it} \quad (i = 1, 2, \dots, m); \\
 & \sum_{r=1}^m y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{rt} \quad (r = 1, 2, \dots, n); \\
 & \quad \quad \quad (j = 1, 2, \dots, t, \dots, N); \\
 & \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \text{para todo } i, j, r \quad (8)
 \end{aligned}$$

En este caso la selección de s_i^{-*} y s_r^{+*} no están determinadas por el óptimo θ^* , que es definido por el modelo descrito en (7).

3.3.3 La eficiencia de escala

En el modelo DEA de la ecuación (7), la eficiencia técnica de la DMU es constante en cualquier punto de la frontera de producción, es decir, supone que la tecnología exhibe retornos constantes a escala (*Constant Returns to Scale*, CRS) Sin embargo, este supuesto es bastante restrictivo (Ray, 2004)

Asumir CRS es adecuado cuando todas las DMU operan a una escala óptima. Por ello Banker, Charnes y Cooper (1984) desarrollaron una extensión al modelo de la ecuación (7) para considerar los retornos variables a escala (*Variable Returns to Scale*, VRS), añadieron como restricción de convexidad adicional que la suma de las λ_j debe ser igual a 1:

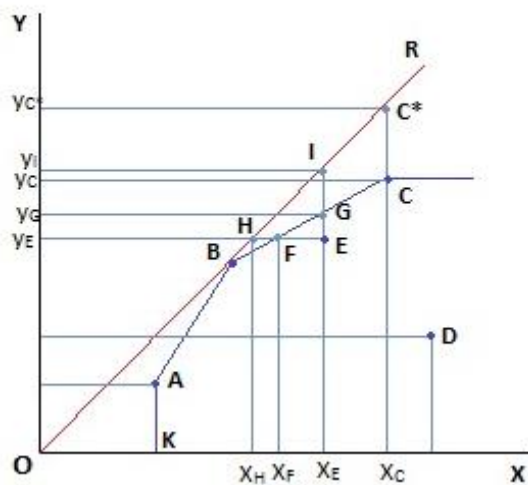
$$\begin{aligned}
 & \theta^* = \min \theta \\
 & \text{s. a.} \sum_{i=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{it} \quad (i = 1, 2, \dots, n); \\
 & \sum_{r=1}^m y_{rj} \lambda_j \geq y_{rt} \quad (r = 1, 2, \dots, m); \\
 & \quad \quad \quad (j = 1, 2, \dots, t, \dots, N);
 \end{aligned}$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

En la siguiente gráfica se ejemplifica cómo se miden los CRS y los VRS en el caso de un conjunto de DMU (A,B,C,D,E) que producen un solo output y con un input x .

Gráfica 2.
Medición de la eficiencia técnica bajo CRS y VRS



La línea OR (roja), que pasa por el punto B, representa la frontera cuando se asumen CRS y la línea KABC (azul) es la frontera bajo VRS. Si se asumen CRS, sólo B es eficiente, mientras que si se trata de VRS, los puntos A, B y C son eficientes. D y E en ambos casos son ineficientes. (Ray, 2004) Se observa que el punto E, tiene dos proyecciones en la frontera VRS que corresponden a la orientación del problema:

- Al insumo (punto F, horizontal a la frontera) la cantidad en la que puede reducir su *input* para producir la misma cantidad de output con base en las DMU de referencia.
- Al producto (punto G, vertical a la frontera) la cantidad en la que puede aumentar su *output* manteniendo constante la cantidad de inputs.

La distancia de las proyecciones respecto al punto E es una medida de su eficiencia técnica (*technical efficiency*, TE) que de acuerdo con la gráfica estaría definido como:

$$TE_{IC} = \frac{Y_E H}{Y_E E} = \frac{X_H}{X_E}$$

$$TE_{OC} = \frac{X_E E}{X_E I} = \frac{Y_E}{Y_I}$$

Donde TE_{IC} es la eficiencia técnica CRS orientada hacia el insumo y TE_{OC} hacia el producto, se toman los puntos H y el I respectivamente. En la frontera VRS, la TE es:

$$TE_{IV} = \frac{Y_E F}{Y_E E} = \frac{X_F}{X_E}$$

$$TE_{OV} = \frac{X_E E}{X_E G} = \frac{Y_E}{Y_G}$$

Donde TE_{IV} es la eficiencia técnica VRS orientada hacia el insumo y TE_{OV} hacia el producto. Este ejemplo puede ampliarse al caso en el que hay n inputs y m outputs, si suponemos que los vectores de inputs varían en la escala pero no en la forma que se combinan. La TE generalmente varía dependiendo de la orientación del problema cuando se trata de VRS, pero en el caso de CRS la TE es la misma en ambas orientaciones.

¿Qué ocurre en el caso del punto C? es eficiente bajo VRS, pero no si se asume CRS donde su proyección a la línea OR –output oriented– es el punto C*. Si bien OR no representa un conjunto factible, excepto para B, como a lo largo de esta recta la productividad es constante, puede utilizarse para medir la productividad promedio de C respecto a B, que es eficiente en ambas escalas, por lo tanto puede determinarse que C no opera a un nivel de escala óptima.

La eficiencia de escala (*Scale efficiency*, SE) es el ratio de la TE bajo CRS entre la TE bajo VRS, para el caso orientado al producto sería:

$$SE_o = \frac{TE_{OC}}{TE_{OV}} \quad (10)$$

Y para el caso orientado al insumo:

$$SE_o = \frac{TE_{IC}}{TE_{IV}} \quad (11)$$

La SE por sí misma no es suficiente para conocer la naturaleza de los retornos de escala. Para conocer la escala local a la que opera la firma t , es preciso, además, definir la frontera de rendimientos no crecientes a escala (Non Increasing Returns to Scale, NIRS), la cual sería la línea OBC-extensión de la gráfica anterior, que se obtendría modificando la restricción adicional en (9):

$$\begin{aligned} \theta^* &= \min \theta \\ \text{s. a } \sum_{i=1}^n x_{ij} \lambda_j &\leq \theta x_{it} \quad (i = 1, 2, \dots, n); \\ \sum_{r=1}^m y_{rj} \lambda_j &\geq y_{rt} \quad (r = 1, 2, \dots, m); \\ &(j = 1, 2, \dots, t, \dots, N); \\ \lambda_j &\geq 0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &\leq 1 \end{aligned} \quad (12)$$

Con la NIRS comparamos los resultados obtenidos de la eficiencia bajo CRS y VRS. Tenemos entonces:

Tabla 10. Tipo de escala local de operación de las DMU		
Resultado de la eficiencia de escala	Resultado de la eficiencia técnica	Tipo de escala local a la que opera la firma
$SE = 1$	$TE_{CRS} = TE_{NIRS} = TE_{VRS}$	La firma opera bajo CRS.
$SE < 1$	$TE_{CRS} = TE_{NIRS} < TE_{VRS}$	La firma opera bajo VRS, con rendimientos crecientes.
$SE < 1$	$TE_{CRS} < TE_{NIRS} = TE_{VRS}$	La firma opera bajo CRS, con rendimientos decrecientes.

Elaboración propia con base en (Ray, 2004)

Cuando se tiene información de los precios, el problema se orientaría a minimizar costos o maximizar beneficios, de forma que la eficiencia económica posee dos

componentes, la eficiencia técnica que hemos analizado antes y la eficiencia de asignación. Farrell (1957) separó la eficiencia de costos en dos factores para medir la eficiencia técnica y de asignación (Ray, 2004) Supongamos que una firma produce con dos inputs (x_1, x_2) y un output y . Con $X^0 = (x_1^0, x_2^0)$ produce y^0 (que es un escalar) Si los precios de los insumos son w_1 y w_2 respectivamente, los costos de la firma son:

$$C_0 = w_1 x_1^0 + w_2 x_2^0 \quad (13)$$

La firma será eficiente en costos si no hay otro vector de inputs que pueda producir el nivel de output y^0 a menor costo.

Si suponemos que la solución óptima al problema de minimización de costos es:

$$C^* = C(w_1, w_2; y^0) = w_1 x_1^* + w_2 x_2^* \quad (14)$$

Entonces la firma será eficiente si $C_0 = C^*$

Farrell (1957) señala que la eficiencia de la firma puede medirse entonces como:

$$\gamma = \frac{C^*}{C_0} \leq 1 \quad (15)$$

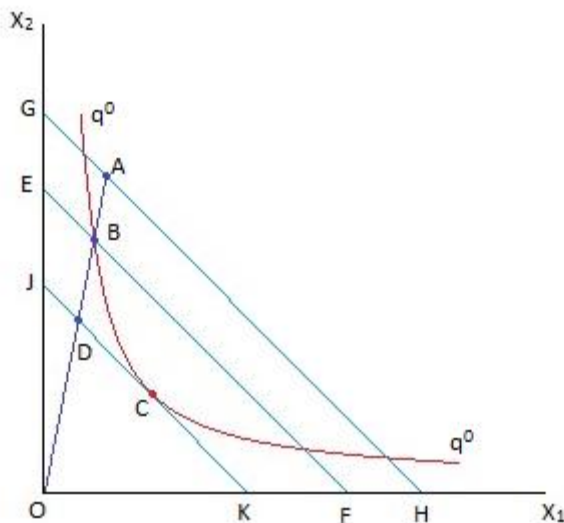
A su vez este ratio se puede descomponer en la eficiencia técnica y de asignación:

$$\frac{C^*}{C_0} = \left(\frac{C^T}{C_0} \right) \left(\frac{C^*}{C^T} \right) \quad (16)$$

En la siguiente gráfica se ejemplifican estas dos eficiencias.

Gráfica 3.

Eficiencia de costos: técnica, de asignación y total



El punto A representa el insumo x^0 de la empresa, la curva $q^0 q^0$ es la isocuanta con un nivel de producto y^0 . El rayo OA que parte del origen hasta el punto A es la proyección de la eficiencia radial de x^0 . Las rectas GH, FE y JK representan líneas de isocostos. El punto B, donde OA corta la isocuanta $q^0 q^0$, muestra la eficiencia técnica de los costos, mientras que el punto C, en el que la isocuanta es tangente a JK, muestra el vector de insumos de menor costo, que es la solución C^* del problema de minimización de costos. Entonces el punto D en la línea OA es equivalente a C^* . (Ray, 2004) La eficiencia se definiría entonces:

$$\frac{OE}{OG} = \frac{OB}{OA} \quad \text{Eficiencia técnica}$$

$$\frac{OJ}{OE} = \frac{OD}{OB} \quad \text{Eficiencia de asignación}$$

Por lo tanto:

$$\gamma = \frac{C^*}{C_0} = \frac{OB}{OA} \frac{OD}{OB} = \frac{OD}{OA} \quad \text{Eficiencia de costos total}$$

Para minimizar costos, la empresa tendría que moverse del punto A al C, en dos pasos. El primero sería eliminar la ineficiencia técnica pasando de A a B. El siguiente sería reducir la eficiencia de asignación, a través del vector de insumos representado por el punto D, ya que todos los puntos de la isocuanta $q^0 q^0$ son técnicamente eficientes, pero no representan los mismos costos.

El problema de minimización de costos sería:

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{i=1}^n w_i^0 x_i \\ & \text{s. a} \sum_{i=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_i \quad (i = 1, 2, \dots, n); \\ & \sum_{i=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0} \quad (r = 1, 2, \dots, m); \\ & \sum_{i=1}^n \lambda_j = 1 \\ & \lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, N) \quad (17) \end{aligned}$$

(Ray, 2004)

3.4 Extensiones del modelo DEA

Existen varios planteamientos del modelo que buscan solucionar diversas cuestiones, en este apartado se abordarán brevemente algunas de éstas, como son los modelos que reducen inputs y aumentan outputs simultáneamente.

Los modelos DEA son sensibles a datos atípicos (*outliers*), una forma de medir esto es a través de la supereficiencia que evalúa el grado de influencia de las DMU de referencia.

Otra situación que se presenta con frecuencia es que el desempeño de las entidades analizadas está influido por variables determinadas exógenamente, por lo que son tratadas como variables no discrecionales o no controlables por la organización productiva. Generalmente se emplean modelos de segunda etapa o multietápicos que integren estas variables en el análisis.

3.4.1 Eficiencia gráfica hiperbólica.

Este método consiste en encontrar una medida de eficiencia que permita reducir los *inputs* y expandir los *outputs* simultáneamente, ya que en los modelos DEA antes expuestos sólo puede obtenerse uno de los dos resultados. Entonces se busca un factor δ tal que

$$y^* = \delta y_0 \quad x^* = \frac{1}{\delta} x_0$$

En el caso de múltiples inputs y outputs, la eficiencia del conjunto (y^0, x^0) se define como:

$$TE^{GH} = \frac{1}{\delta^*} \quad \text{donde } \delta^* = \max \delta : \left(\frac{1}{\delta} x^j, \delta y^j \right) \in T$$

(Ray, 2004)

Esto implica que para ese punto, su proyección en la frontera se encuentra en una hipérbola rectangular, con δ^* determinada por la especificación del conjunto de

posibilidades de producción T . A las restricciones de las ecuaciones en (7) se agrega la δ . (Ray, 2004)

En el caso de rendimientos constantes CRS, la TE^{GH} es igual a la raíz cuadrada de la eficiencia técnica obtenida con el modelo DEA. En el modelo VRS es más complicado, ya que al incluir la δ se genera un problema de programación no lineal. Se usa la aproximación por la serie de Taylor para resolver. Los valores obtenidos de la TE^{GH} nos indican cuánto pueden reducirse todos los inputs a la vez que se expande el output. (Ray, 2004)

3.4.2 Eficiencia direccional.

En este caso se utiliza la función de distancia direccional. Se considera un par de vectores de input y output (x^0, y^0) y un vector de referencia arbitrario (g^x, g^y) para definir la función de distancia direccional como:

$$\vec{D}(x^0, y^0; g^x, g^y) = \max \beta : (x^0 + \beta g^x, y^0 + \beta g^y) \in T$$

Dado que el vector de referencia (g^x, g^y) toma valores arbitrarios, lo definimos como $(-x^0, y^0)$ lo que nos permitirá encontrar el factor β tal que se reduzca el input al mismo tiempo que se incrementa el output:

$$\vec{D}(x^0, y^0) = \max \beta : \{(1 - \beta)x^0, (1 + \beta)y^0\} \in T$$

Se formula un problema de programación lineal para maximizar el factor β y medir el nivel de eficiencia técnica de cada DMU. (Ray, 2004)

3.4.3 Supereficiencia

Asimismo, con los modelos básicos DEA con retornos constantes y variables, es probable que algunas DMU de la muestra obtengan scores de eficiencia iguales a 1, por lo que se constituyen como las DMU de referencia para las demás (*influential observations*) Es importante determinar en qué grado estas DMU influyen en las otras, es decir, medir su supereficiencia, porque esto quizás sesgaría el análisis para las DMU que no están en esa frontera. (Ray, 2004)

Supongamos que se encontró que una DMU es 100% eficiente técnicamente orientada al producto, con la combinación (x_0, y_0) Si al reducir y_0 en una pequeña

proporción no se ve afectado su score de eficiencia, significa que dicha entidad puede permitirse deteriorar su desempeño sin ser ineficiente. El *output* observado excede lo que es necesario para que esa DMU sea eficiente respecto a las demás, se dice que exhibe supereficiencia. Si entre dos entidades que son técnicamente eficientes una tiene más capacidad para reducir su *output* sin deteriorar su desempeño, es mayormente supereficiente respecto a la otra.

Se puede plantear un problema de maximización, en el que se optimice un factor ϕ tal que la DMU k reduzca su *output* sin dejar de permanecer como eficiente dentro de la muestra, es decir $(1 - \phi_k^-)$ medirá la supereficiencia. Pero puede presentarse la dificultad de que la DMU k presente la menor cantidad de *input* en la muestra y por lo tanto no exista la combinación convexa de *input* de las otras firmas que satisfaga las restricciones del problema de programación lineal.

Otra forma de medirla es eliminar las observaciones más eficientes para observar los cambios en la frontera. Primero se seleccionan las DMU que cambian su eficiencia técnica debido a la eliminación de la DMU supereficiente. Posteriormente se mide en qué magnitud cambiaron las DMU afectadas, a través de la resta la medida de ineficiencia antes y después de eliminar a la DMU supereficiente:

$$\delta_s^k = TE_s^k - TE_s$$

La influencia de la DMU k se definiría entonces como:

$$\Delta^k = \sum_{s \neq k} (\delta_s^k)^2$$

Asimismo, cada DMU ayuda a definir la frontera del conjunto de posibilidades de producción, pero una DMU técnicamente ineficiente nunca será una observación influyente sobre las demás DMU. (Ray, 2004)

3.4.4 Variables no discrecionales

Existen factores externos al proceso de producción que influyen en el desempeño de las DMU, los cuales no se incorporan al modelo DEA como *inputs*, ya que se determinan de forma exógena y no están bajo el control de las entidades en el corto plazo. Por ello es necesario comprobar si existen factores que introducen

heterogeneidad en las productividades de las empresas que conforman la muestra (Dios Palomares, et al., 2006)

A estas variables se les denomina como no discrecionales (Ray, 2004). Dios Palomares y colaboradores (2006) las llaman variables de entorno. Banker y Natarajan (2008) las consideran como variables contextuales. Ejemplos de estas variables son la escasez de lluvia, la calidad de los recursos naturales, si una empresa es pública o privada, si la entidad tiene acceso a un centro de investigación y desarrollo.

Dios Palomares y colaboradores (2006) realizaron una tipología de modelos DEA de dos y tres etapas. La selección del modelo más adecuado tiene que ver con el tamaño de la muestra de empresas, con el número y tipo de variables de entorno y el objetivo de la investigación, si es observar el efecto del entorno o corregirlo.

Entre estos se encuentran los modelos de programas, que consisten en dividir la muestra en “programas” con base en la influencia de la variable de entorno para cada submuestra y se resuelve en la primera etapa un modelo para cada programa, estimando en la segunda fase la envolvente global para toda la muestra con datos corregidos de la eficiencia interprogramas. También incluyen los modelos de tres etapas, los cuales buscan aislar el efecto del entorno. Trabajan con los *slacks* obtenidos en un primer modelo DEA, porque consideran que éstos contienen el efecto tanto de la eficiencia de gestión intra-entorno, como del entorno propiamente dicho. (Dios Palomares, et al., 2006) Sin embargo para tratar estos factores, es muy frecuente estimar la eficiencia de las DMU en una primera etapa sin considerar las variables no discrecionales y en una segunda etapa se incorporan éstas mediante técnicas econométricas.

Banker y Natarajan (2008) hallaron que, bajo ciertas circunstancias, un modelo DEA en dos etapas (en la primera se mide la eficiencia con las variables de *input*, la segunda consiste en una regresión con las variables contextuales por mínimos cuadrados ordinarios, MCO) provee de estimadores consistentes asociados con las variables contextuales, que pueden equipararse a los métodos paramétricos en la estimación del impacto de dichas variables en la productividad. La principal condición para que esto ocurra es que las variables contextuales deben ser

independientes de las variables de *input* usadas en DEA, aunque pueden estar correlacionadas entre sí las contextuales.

En particular, se utilizan modelos Tobit para analizar los factores que se relacionan con las brechas de eficiencia entre las DMU por su mejor adaptación a la naturaleza acotada de la variable dependiente que son los scores de la eficiencia técnica ($0 \leq \theta \leq 1$), los cuales se censuran por arriba en el máximo valor de eficiencia y las independientes son el conjunto de variables no discrecionales. (Ji & Lee, 2010) (Urdaneta, et al., 2010) (Tripathy, et al., S.F.) La regresión por MCO generaría parámetros inconsistentes porque la muestra no es representativa de la población y por lo tanto los errores esperados podrían no ser iguales a cero (Brázdik, 2006)

El modelo Tobit se aplica a datos que no son totalmente observados por estar censurados o truncados. Para los primeros la información de la variable dependiente se pierde, pero no los datos en los regresores, mientras que en los datos truncados algunas observaciones tanto de la variable dependiente como de los regresores se eliminan, por lo que es más restringido.

El modelo Tobit general fue propuesto por Tobin (1958), el cual consiste una regresión lineal bajo el supuesto de normalidad, pero éste es muy restrictivo, por lo que se han desarrollado otros modelos. (Cameron & Trivedi, 2009)

Supongamos que se tiene un conjunto de datos $y_i, x_i, i = 1, 2, \dots, N$ donde las x_i son completamente observadas, pero las y no siempre lo son. Se establece una regla para observar y a partir de una *variable latente* y^* como sigue:

$$y = \begin{cases} y^* & \text{si } y^* > L \\ L & \text{si } y^* \leq L \end{cases}$$

Donde L es el valor que define el límite para y^* .

La regresión de interés se especifica con la variable latente inobservada y^* .

$$y_i^* = x_i' \beta + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

La probabilidad de que y sea censurada se define como:

$$\Pr(y^* \leq L) = \Pr(x_i' \beta + \varepsilon \leq L) = \Phi \{(L - x_i' \beta) / \sigma\}$$

Donde Φ representa la función normal estándar.

La media censurada, o valor esperado de y para los valores no censurados puede escribirse como:

$$E(y_i|x_i, y_i > L) = x_i'\beta + \sigma \frac{\varphi\{(x_i'\beta - L)/\sigma\}}{\Phi\{(L - x_i'\beta)/\sigma\}}$$

Donde φ es la densidad normal estándar y se asume que $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$. La regresión bajo MCO resulta inconsistente porque la media condicional es diferente de $x_i'\beta$, se utilizan entonces los métodos de máxima verosimilitud (maximum likelihood, ML) y el de regresión en dos etapas. (Cameron & Trivedi, 2009)

Con el método de ML es necesario probar los supuestos de normalidad y heteroscedasticidad. Los coeficientes que resultan de esta regresión se interpretan como la derivada parcial de la variable latente y^* respecto a x . Con los resultados de la regresión, pueden obtenerse los efectos marginales (marginal effects, ME):

Variable latente $\frac{\delta E(y^*|x)}{\delta x} = \beta$

Truncada a la izquierda (en 0) $\frac{\delta E(y|x, y > 0)}{\delta x} = \{1 - w\lambda(w) - \lambda(w)^2\}\beta$

Truncada a la derecha (en 0) $\frac{\delta E(y|x)}{\delta x} = \Phi(w)\beta$

(Cameron & Trivedi, 2009)

No obstante, Banker y Natarajan (2008) hacen hincapié en que no hay una justificación teórica sólida para el uso de una regresión Tobit en la segunda etapa.

3.4.5 Ejemplos de aplicación del modelo DEA al medio ambiente

En el caso de la valoración ambiental, Kuosmanen y Kortelainen (2004) proponen el cálculo de la *eco-eficiencia* con un modelo DEA. Consideran una variable que denominan genéricamente como *waste* (residuos) la cual incluye tanto los efectos como los residuos indeseables del proceso productivo. Existe entonces un vector w para esa variable por lo que el conjunto de posibilidades de producción es:

$$T = \{(x, w, y \mid x \text{ inputs producen y outputs y } w \text{ cantidad de waste})\}$$

Para medir el desempeño ambiental del conjunto de entidades que se estudian, algunos autores consideran la reducción de *waste*, manteniendo constantes *inputs* y *outputs*; otros reducen *waste* e *inputs* simultáneamente, manteniendo el *output*

constante, utilizan la función hiperbólica y la de distancia direccional para obtener cambios en todas las variables.

Sin embargo, continúa el debate acerca si la variable *waste* es un *input* o un *output*. El enfoque más tradicional la considera como *input* porque genera costos a las empresas, mientras que otros autores argumentan que los residuos (*waste*) son técnicamente un *output*. Sin embargo a través de estos modelos no siempre es posible determinar qué tan *amigable* es con el medio ambiente una empresa técnicamente eficiente, ya que podría exhibir costos de producción muy bajos porque no reduce los deshechos. “Ahorrar *inputs* no es una excusa válida para los que contaminan el medio ambiente.” (Kuosmanen & Kortelainen, 2004)

Por ello los autores proponen medir la eficiencia ecológica o eco-eficiencia para un conjunto de DMU. Ésta se define como:

$$\text{Eco – eficiencia} = \frac{\text{valor económico añadido (V)}}{\text{presión ambiental (Z)}}$$

El valor económico añadido es el equivalente a los beneficios de la empresa, es decir sus ingresos menos sus costos:

$$V_k = \sum_{m=1}^M p_{km}^y Y_{km} - \sum_{l=1}^L p_{kl}^x X_{kl}$$

Para el cálculo de la presión ambiental, los autores suponen que existe un vector que mide un conjunto de variables de presión ambiental $Z_k = (z_{k1} \dots z_{kR})'$ y que a éste se asocia un conjunto de precios que reflejan su costo marginal social. Como no existen precios observados para esas variables, los autores proponen plantear un modelo DEA para obtener los precios sombra λ , en lugar de los métodos paramétricos tradicionales de preferencias reveladas y declaradas.

La eco-eficiencia sería entonces:

$$EE_k \equiv \frac{V_k}{\sum_{r=1}^R p_r Z_{kr}}$$

Se compara el ratio obtenido por cada entidad contra el que muestra el mejor desempeño: E/E_k

Se plantea el problema de maximización de E/E_k , se buscan los precios λ que maximicen el ratio de eco-eficiencia, los cuales deben ser mayores o iguales a

cero y su suma ser igual a 1. Se obtienen valores que están en el rango $0 \leq E/E_k \leq 1$, y los mayores ratios le corresponderían a las empresas más eco-eficientes.

El problema dual toma a las presiones ambientales Z_{kr} como *inputs* y el valor económico añadido V_k como *output*, no existe la restricción de que $\sum_{n=1}^N \lambda_n = 1$ pero sí deben ser $\lambda \geq 0$, por lo que se trata de retornos constantes de escala (CRS), ya que el interés se centra en obtener el ratio E/E_k y no se toma en cuenta la escala de la firma. En este caso el DEA es una herramienta útil para encontrar los precios sombra de las presiones ambientales más que para estimar la frontera de posibilidades de producción. (Kuosmanen & Kortelainen, 2004)

Hoang & Alauddin (2012) proponen que para estudiar la sustentabilidad en la agricultura deben desarrollarse indicadores para observar las diferencias entre distintos productores y medir la eficiencia y la productividad. Usan tres tipos de indicadores:

- 1) económico, los beneficios (ingresos menos costos)
- 2) desempeño ambiental, el balance de nutrientes (en *inputs* y *outputs*)
- 3) desempeño ecológico, el balance acumulativo de exergía²²(*exergy*) la diferencia entre la exergía acumulativa en *inputs* y *outputs*.

Para que la actividad agrícola sea ambientalmente sustentable, debería minimizarse el balance de materiales y energía. Pero el objetivo económico las DMU es maximizar los beneficios. Por ello se requería resolver tres problemas de optimización para cada uno de los indicadores. Los autores plantean un problema de minimización de *inputs* (input oriented), mientras el vector de *output* se considera fijo.

²² Es la parte de la energía que puede convertirse en trabajo mecánico, en los orígenes de la termodinámica se le llamó "trabajo disponible". Es la medida cuantitativa de la máxima cantidad de trabajo que puede obtenerse de un desequilibrio entre un sistema físico y el ambiente que lo rodea, o entorno, determina cuantitativamente el valor termodinámico de cualquier recurso, permite analizar rigurosamente el desperdicio de los recursos en las actividades de una sociedad, estableciendo pautas cuantitativas para su ahorro y uso eficiente. Martínez Negrete, Marco Antonio "Exergía" boletín de la Sociedad Mexicana de Física <http://www.smf.mx/boletin/Abr-98/ense/exer.html>

De los tres problemas de optimización para cada indicador, obtuvieron que los puntos donde las líneas de iso-nutrientes y de exergía iso-acumulativa son tangentes a la isocuanta (que representaba la frontera de posibilidades de producción) no son técnicamente viables, pues esto implicaría mayores costos y por consiguiente no sería un objetivo alcanzable para las entidades ineficientes. De forma que se requeriría de la instrumentación de políticas para alcanzar los puntos de tangencia, a través de subsidios o impuestos.

Los autores calcularon las eficiencias técnica, ambiental, ecológica y de asignación de las industrias agrícolas en los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) Determinaron las correlaciones entre los *scores* de eficiencia, con base en éstas infirieron que, en general, existe gran potencial para mejorar las condiciones ambientales y ecológicas de la agricultura en estos países a través del sólo cambio en las combinaciones de *inputs* empleadas.

En el caso particular de México, obtuvo scores altos de eficiencia técnica y ambiental, pero uno de los más bajos scores de eficiencia ecológica. Estos resultados podrían explicarse porque la estructura de producción en México se caracteriza por el pastoreo intensivo para la producción pecuaria. Más del 75% de la superficie agropecuaria se destina a praderas y pastizales. Así, por una parte el uso de fertilizantes respecto a otros países de la OCDE es reducido y utiliza menos alimentos concentrados para engordar al ganado, por ello tiene un buen desempeño en términos del balance de nutrientes. Por otra parte, el pastoreo intensivo ha causado erosión y degradación de suelos en varias partes del país, se extraen grandes cantidades de materia orgánica de la cubierta vegetal y se reduce el potencial de secuestro de CO₂, con lo que se obtuvo el peor balance de exergía entre los países analizados. (Hoang & Alauddin, 2012)

3.5 El modelo DEA aplicado a los ganaderos sonorenses

De acuerdo con Chediak y Valencia (2008) una primera consideración para elaborar un estudio de eficiencia es tomar en cuenta los grados de libertad, los

cuales aumentan con el número de DMU's y disminuyen con la cantidad de *inputs* y *outputs*. Cooper y colaboradores (2002) recomiendan aplicar la siguiente regla:

$$\text{Número de DMUs} \geq \text{Máx.} \{m * t, 3(m + t)\}$$

donde $m = \text{número de insumos}(\text{inputs});$

$t = \text{número de productos}(\text{outputs})$

De acuerdo con lo anterior, como se obtuvieron resultados para veintiún DMU, la suma recomendada de los inputs y outputs no debe exceder de siete.

Las variable de *output* es:

Beceros vendidos (y_j) Se consideró esta ya que “El propósito económico de la ganadería [en Sonora] es la conversión del forraje del agostadero en una cosecha anual de becerros.” (PATROCIPES, 1996) Se multiplicó el número de becerras y becerros vendidos por sus respectivos pesos promedio en kilogramos (*kg*) y se sumaron. Cabe señalar que aunque varias DMU vendieron también otros tipos de animal durante el año 2011, no se consideraron para el cálculo del output porque fue un año atípico por la sequía, por lo tanto algunos productores se deshacen de los animales improductivos para obtener ingresos adicionales con la finalidad de sostener al resto del hato o porque no pueden mantenerlo en el tiempo de secas, por ejemplo sólo seis DMU (2, 3, 8, 10, 11 y 12) vendieron sementales y cuatro DMU (3, 11, 12 y 21) vendieron vaquillas que usualmente son ganado de reposición.

En cuanto a los inputs, se consideraron los siguientes:

El ganado (x_{1j}) Se toma en cuenta a los animales necesarios para obtener un becerro, por ello se sumó el número de vientres y de sementales (en UA).

Superficie neta de la unidad de producción pecuaria (UPP) (x_{2j}) Se tomó la superficie neta expresada en hectáreas (*ha*) es decir, a la superficie total del predio se le restaron las *ha* sin uso.

Compra de forrajes y gastos extra en alimentación (x_{3j}) El gasto anual en pesos destinado a la compra de forrajes para la alimentación del ganado, el cual incluyó el gasto en renta de potreros y el pago de cuotas ejidales para uso de praderas de *buffel*.

Sueldos y salarios (x_{4j}) El pago anual de sueldos y salarios a personas ajenas al predio, en pesos.

Con base en la fórmula antes mencionada, el número de inputs se encuentra dentro del máximo recomendado.

El conjunto de posibilidades de producción es entonces:

$$T = \left\{ x, y \mid x_{1j} + x_{2j} + x_{3j} + x_{4j} = y_j \right\}$$
$$j = 1, \dots, 21$$

(18)

Diversos autores como Chediak y Valencia (2008) y Brázdik (2006) señalan la importancia de realizar análisis estadísticos de las variables, ya que el modelo DEA es muy sensible a datos atípicos, para detectarlos se sugiere hacer cocientes producto/insumo, medir el coeficiente de correlación de las variables para detectar si se está duplicando un insumo altamente correlacionado con otros y en los casos para los que los valores de alguna variable sean cero sustituirlos por un valor muy pequeño porque de lo contrario podrían surgir problemas para la optimización.

Para realizar el análisis se utiliza la correlación de Spearman, porque este coeficiente es menos sensible a valores extremos comparado con el coeficiente de correlación estándar de Pearson (Brázdik, 2006, p. 18) y se recomienda en este caso porque es una muestra pequeña. Asimismo, se hizo una regresión por MCO de ambos modelos. Se emplea el paquete de software estadístico Stata versión 11 (Ji & Lee, 2010)

Se estimó que las variables seleccionadas son las mínimas necesarias para la producción de ganado bovino. Se trata de medir la eficiencia técnica del conjunto, por ello si bien se cuenta con información de ingresos y costos totales para cada DMU, el interés se centra en indagar sobre la forma en la que los ganaderos combinan los *inputs* para obtener el *output*, por ello se estiman los modelos DEA tradicionales de CRS y VRS.

Asimismo, los resultados se refieren al año 2011, por lo que se trata de un corte en el tiempo. Es importante aclarar que la producción de becerros para la venta es un proceso muy largo, de cerca de dos años, que incluyen el periodo en el que la vaca tarda en cargarse, la gestación de nueve meses y el tiempo entre la parición

y la venta, de entre nueve y once meses, por lo que cada año se superponen los procesos de gestación, lactación y venta. Pero con la finalidad de simplificar el análisis se consideró pertinente hacer ese corte temporal. Para ahondar sobre la superposición de los periodos de producción véase Andablo Reyes (1999) y Andablo Reyes y Camou Healy (2001)

Respecto a la orientación del modelo: “Generalmente, los usos de DEA en investigaciones de ganadería han empleado el enfoque orientado a los insumos. Este enfoque permite el diagnóstico sobre la subutilización de los recursos con la tecnología y los recursos existentes” (Oviedo y Rodríguez, 2011) También se considera que la orientación está determinada por el grado de control del productor sobre la combinación de las variables del modelo (Coelli, 1996), en el sector agrícola usualmente se controlan mejor los inputs que los outputs (Brázdik, 2006).

En cuanto a los rendimientos a escala, se toman en cuenta tanto los rendimientos constantes (CRS) como los variables (VRS). Como ya se señaló el modelo VRS permite conocer la eficiencia de escala para ubicar a las DMU que presentan rendimientos crecientes, decrecientes o constantes. Se calcularon los dos modelos CRS y VRS para observar la eficiencia de escala. Pero como el número de DMU es reducido, el análisis posterior se centra en el modelo CRS porque con el modelo VRS se espera que aumente significativamente el número de DMUs eficientes, con $\theta^* = 1$.

Para el cálculo de las variables de holgura o *slacks* se considera el método de realizar primero la optimización y posteriormente obtener los *slacks* (modelo DEA de dos etapas) Con base en estos se obtuvieron los objetivos de reducción de los inputs para las empresas ineficientes, es importante conocer su magnitud para establecer el potencial de mejora en el uso de recursos.

Asimismo, se realizó un modelo DEA adicional en el que se modificó la variable output. Se multiplica por los precios de venta por kilogramo. Esta variable se denominó **Ingreso becerros vendidos** (yp_j) Su conjunto de posibilidades de producción es:

$$T^p = \{ x, y \mid x_{1j} + x_{2j} + x_{3j} + x_{4j} = yp_j \}$$

$$j = 1, \dots, 21$$

(19)

Se elabora la comparación entre ambos modelos para determinar si los precios impactan el desempeño de las DMU.

En síntesis, con base en la ecuación (7), se elabora un modelo DEA CRS orientado al input con el conjunto T (**DEACRSIOT**), un modelo DEA VRS orientado al input con el conjunto T (**DEAVRSIOT**) con base en la ecuación (9), y uno DEA CRS orientado al input con el conjunto T^p (**DEACRSIOTP**). Para modelar se empleó el paquete de software especializado Data Envelopment Analysis Program (DEAP) Version 2.1²³ por su accesibilidad, rapidez y porque ofrece un análisis detallado de los resultados de la optimización para cada DMU de forma simultánea. (Barr, 2004)

3.6 Extensiones al modelo DEA aplicadas a los ganaderos sonorenses

Se determinó que, para profundizar el análisis del desempeño de los ganaderos, se requería establecer la supereficiencia de las DMU que obtuvieron scores $\theta^* = 1$, por ello se elaboraron 7 modelos DEA adicionales, en cada uno de éstos se eliminó una de las DMU eficientes para determinar su influencia, al comparar los cambios en los scores de las DMU ineficientes.

Asimismo, se propone un análisis de segunda etapa con variables no discretionales para analizar la relación entre la eficiencia técnica de los ranchos y la implementación de prácticas de manejo.

La variable dependiente es:

Theta, los scores de eficiencia θ^* obtenidos del modelo DEACRSIOT.

Las variables no discretionales son:

²³ Desarrollado por Tim Coelli, *Centre for Efficiency and Productivity Analysis* (CEPA)

Número de cabezas apoyadas con PROGAN Como ya se señaló en los capítulos 1 y 2, es un programa de apoyo para la producción ganadera sustentable, que otorga recursos condicionados al cumplimiento de determinadas prácticas de manejo. Es una variable que influiría positivamente en el score de eficiencia porque se espera que los ganaderos más eficientes formen parte de este programa.

Índice de prácticas ganaderas. Esta variable se elaboró con base en los resultados de las preguntas 91 a la 127 del cuestionario (véase anexo 1) Se sumó el número de prácticas ganaderas por DMU, con un máximo de 14. Se tratan de acciones que son obligatorias para los que están inscritos al PROGAN y que se consideran las mínimas indispensables para el desarrollo ganadero sustentable:

- 1) Cercado
- 2) Reforestación
- 3) Obras de almacenamiento de agua (presas, pozos, repesos)
- 4) Conducción del agua y abrevaderos
- 5) Ajuste de carga animal
- 6) Prevención de enfermedades

Se estimó necesario incluir otras acciones que se relacionan con el manejo de suelos:

- 7) Siembra de pasto *buffel*
- 8) Siembra de cultivos forrajeros
- 9) Aplicación de subsoleo y otras técnicas de descompactación del suelo
- 10) Control de malezas –tanto métodos químicos (herbicidas) como físicos (desvarado, quema)
- 11) Rotación de potreros.

Y otras actividades ligadas al manejo del ganado para incrementar los ingresos del rancho y reducir la presión sobre el recurso suelo:

- 12) Suplementación alimenticia
- 13) Destete precoz
- 14) Época de empadre

En este índice se engloban dos cuestiones más, las cuales son fundamentales para el buen desenvolvimiento de la actividad:

15) Si los ganaderos contaban con asesoría técnica (pregunta 142)

16) Si conocían su coeficiente de agostadero preguntas (131 y 132), esta última pregunta se cotejó con los coeficientes municipales obtenidos en COTECOCA (1974), se le dio un peso de 2 cuando coincidían ambos coeficientes o al menos eran cercanos, cuando diferían sustancialmente se les dio peso de 1 y cero si no lo conocen.

Por lo tanto, entre mayor es el índice, se supondrá que la DMU hace un manejo adecuado de los recursos de su rancho.

Índice del gasto anual en prácticas ganaderas. Se adicionaron los gastos (expresados en miles de pesos) realizados en las acciones incluidas en el Índice de prácticas ganaderas antes mencionado, con base en las preguntas 77, 82 a 91 y 93 a 111 del cuestionario. Se considera el manejo como un todo, ya que si bien el interés se centra en las prácticas de mejoramiento de suelos, que son la mayor parte de las prácticas que se consideran (son 11 prácticas, 68.75% del índice), éstas deben acompañarse de acciones que permitan maximizar los ingresos del rancho y de este modo obtener recursos suficientes que permitan a la UPP su subsistencia en el largo plazo, sin presionar el suelo.

Calidad del suelo. Se adicionaron los resultados de las preguntas 135 a 140 del cuestionario. Se preguntó si se han observado en el predio problemas de escasez de agua para el ganado, reducción de la cantidad de pasto, erosión del suelo, formación de surcos y cárcavas, crecimiento de plantas indeseables (malezas), compactación y encostramiento del suelo. En este caso se espera una relación negativa, pues entre mayor es el índice obtenido por el ganadero, significa que hay mayor cantidad de problemas identificados y por lo tanto que la calidad del suelo es peor.

Superficie de la UPP sembrada con zacate *buffel*. Se valoró la superficie en *ha*, ya que se considera que ésta es una variable contextual clave para explicar las diferencias de la eficiencia técnica entre los ganaderos, porque en Sonora predominan los pastizales y matorrales, así que más que la reforestación, la

siembra de pastos es una acción importante para mejorar la cubierta vegetal y por ende la productividad de los predios.

Edad, educación y ocupación. Estas variables socioeconómicas (preguntas 1 a 3) pueden tener influencia sobre el desempeño de la DMU, por lo que también se explora su relación con la eficiencia técnica de los ranchos (la variable **theta**).

Al igual que los modelos DEA, se elaboran correlaciones entre estas variables y **theta** así como con y_j , para explorar si hay relación estadísticamente significativa entre las variables, también se hacen correlaciones de cada práctica por separado para explorar su relación individual.

Posteriormente, para el análisis de segunda etapa se realiza un modelo por MCO y un modelo Tobit censurado a la derecha en 1 con **theta** como la variable dependiente y las independientes: **número de cabezas apoyadas con PROGAN, índice de prácticas ganaderas, índice del gasto anual en prácticas ganaderas, calidad del suelo y superficie de la UPP sembrada con zacate buffel.** Se espera determinar la relación que existe entre los resultados de la eficiencia técnica con las variables de manejo de los ranchos y contrastar ambos modelos.

Para el análisis de la segunda etapa se emplea el paquete de software estadístico Stata versión 11 (Ji & Lee, 2010)

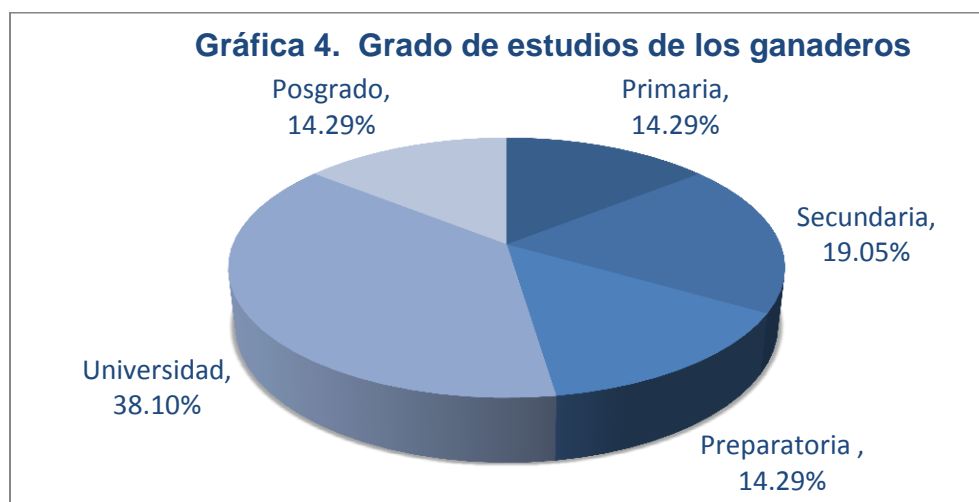
Capítulo 4. Resultados y discusión

4.1 Características de los productores pecuarios.

En este apartado se utilizan los datos generados con la primera sección del cuestionario (véase anexo1) En general se trata de una muestra pequeña, con un sesgo por tratarse de ganaderos de tipo alto mayoritariamente. No obstante, es una muestra útil para el análisis porque los datos presentan gran variabilidad.

Todos los entrevistados fueron hombres. En un par de casos fue posible conocer que los dueños de la unidad de producción eran mujeres, pero son los hombres los que se hacen cargo. En las unidades pequeñas y medianas, las mujeres participan en la elaboración del queso y el cuidado de ganado menor. La edad promedio de los 21 entrevistados es de 51.67 años, con un máximo de 70 años y el mínimo de 35²⁴.

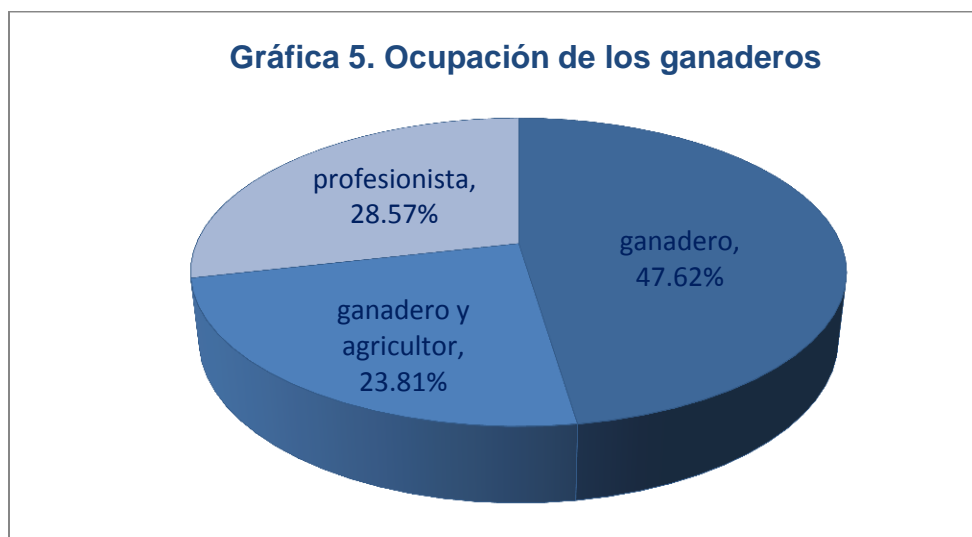
En el rubro nivel educativo, como se ve en el siguiente gráfico, ocho de los entrevistados estudiaron hasta la universidad, lo que representó el 38.10% de la muestra, mientras que el 33.3% estudió algún grado de educación básica. No se preguntó si el nivel educativo estaba trunco o concluido.



²⁴ Para consultar las estadísticas descriptivas de las variables del cuestionario, véase anexo 2

Esta pequeña muestra contrasta con la situación a nivel estatal y nacional. En la evaluación al PROGAN, el promedio de edad fue superior a los 55 años y había mayor presencia de mujeres. En particular, el nivel educativo es más alto respecto a la media a nivel nacional, ya que el porcentaje de la población con educación superior era de 18.8 y el estatal de 16.5, con nivel de educación básica el porcentaje era de 56.1 nacional y para la entidad de 53.5 (INEGI, 2011). Asimismo, los inscritos en el PROGAN promediaban sólo cinco años de educación. (Universidad Autónoma Chapingo, 2006)

En cuanto a la ocupación de los entrevistados, cerca de la mitad dijo ser ganadero exclusivamente, los demás combinaban agricultura y ganadería, o se dedicaban a cuestiones relacionadas con asesorías técnicas, investigación, trabajar en las asociaciones ganaderas y en el sector educativo, lo que se agrupó bajo el rubro “profesionistas” como se muestra en la gráfica 5.



En los resultados a nivel nacional de la evaluación al PROGAN se señala que la mayor parte de los ingresos los generaba la ganadería (el 77.2%), el resto correspondían a la agricultura (10.5%) y a otras actividades (12.3%). Por su parte, el 69.3% de los pequeños propietarios eran exclusivamente ganaderos, por lo que las UPP de menor escala tienden a diversificarse como una medida para administrar el riesgo, mientras que para los propietarios grandes el porcentaje era de 85.3 (Universidad Autónoma Chapingo, 2006)

4.2 Características de las unidades de producción pecuaria.

4.2.1 Ubicación, tipo de propiedad y extensión

En el mapa 8 pueden observarse la localización de los ranchos de las personas encuestadas. En la tabla se detallan los 16 municipios en los que se encuentran. Del mapa destaca que algunos predios se encuentran en la zona centro de Sonora, pero también los hay en la zona norte, sur y sierra. Esto implica que hay importantes variaciones en las condiciones climatológicas y geográficas entre los distintos ranchos, pero tienen en común que presentan elevados coeficientes de agostadero ponderados por municipio si se compara con el promedio estatal.

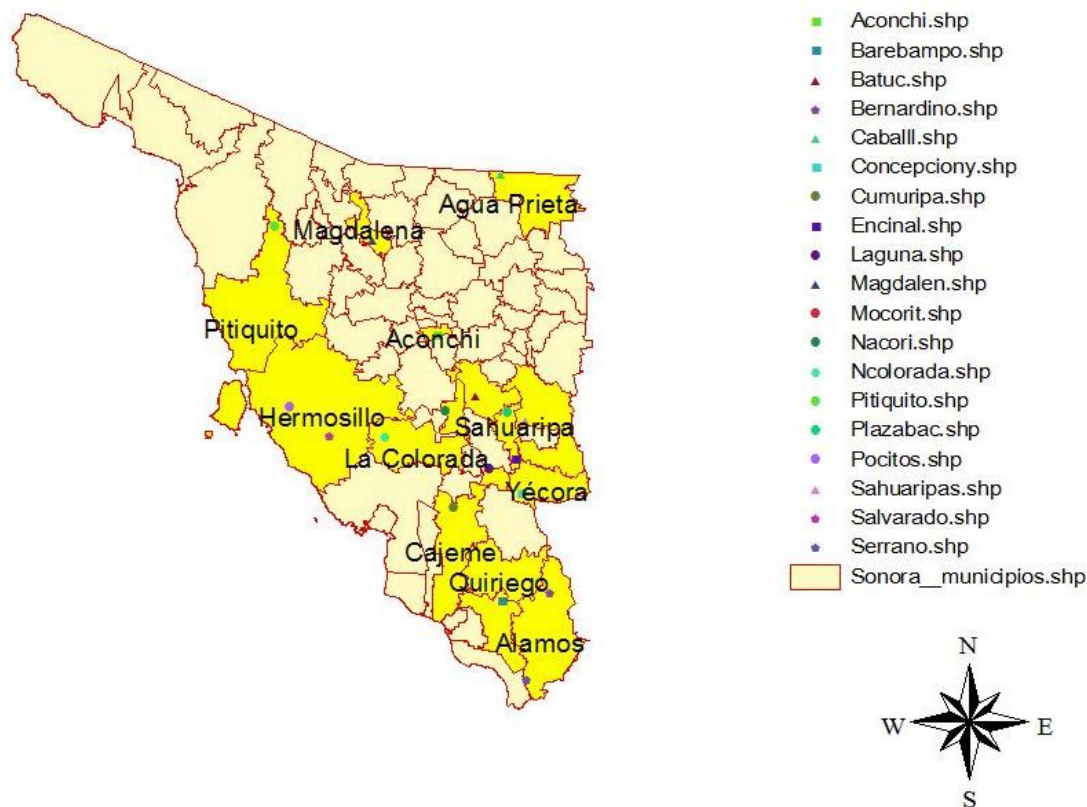
Número de DMU²⁵	Localidad	Municipio	Tipo de tenencia de la tierra	Extensión neta del rancho²⁶ ha
1	Rancho Mozarit	Quiriego	comunal	400
2	Ejido Francisco Serrano	Alamos	ejidal	350
3	Cumuripa	Cajeme	privada	818
4	Aconchi	Aconchi	ejidal	587.3
5	Aconchi	Aconchi	ejidal	554.1
6	Ejido la Concepción	Yécora	ejidal	378
7	San Bernardo	Álamos	privada	6500
8	Magdalena	Magdalena	privada	4000
9	La Laguna	Onavas	privada	325
10	Pitiquito	Pitiquito	privada	3000
11	El Encinal	Bacanora	privada	2500
12	San Javier de Barebampo	Navojoa	privada	1800
13	Ejido Salvador Alvarado	Hermosillo	ejidal	313.1
14	Ejido Villa Pesqueira	Villa Pesqueira	ejidal	60
15	Nacori Grande	Villa Pesqueira	ejidal	75
16	Los Caballos	Agua Prieta	privada	2200
17	Bacanora	Bacanora	privada	2500
18	Sahuaripa	Sahuaripa	privada	600
19	La Colorada	La Colorada	privada	6200
20	Ejido Los Pocitos	Hermosillo	ejidal	41.65
21	Batuc	San Pedro de la Cueva	ejidal	231.3

Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta

²⁵ Unidades para la toma de decisión (Decision Making Units, DMU) que es como se les denomina genéricamente en el Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis, DEA). Se empleará este acrónimo durante el resto del capítulo cuando se refiera a cada unidad de producción pecuaria en particular.

²⁶ De la extensión total del rancho se restaron las tierras sin uso

Mapa 8. Ubicación de los ranchos ganaderos



Los ranchos tienen una extensión en promedio de 1,592.1 *ha* con un máximo de 6,500 *ha* y un mínimo de 40.65 *ha*, por lo tanto existe una gran dispersión en esta variable. A nivel nacional, las unidades de producción con actividad agropecuaria miden en promedio 20.2 *ha*, para la entidad la media es de 236.7 *ha* (INEGI, 2011) En general, los ranchos en Sonora son más extensos que en otros estados del país, debido a las condiciones de aridez mencionadas en el capítulo 2 y los elevados coeficientes de agostadero.

Hay 11 ranchos de propiedad privada, 9 de propiedad ejidal y uno comunal, de los cuales los 10 ranchos más extensos (mayores a 600 *ha*) son de propiedad privada. Los cinco ranchos más pequeños –menores a 313 *ha*– son ejidales, aunque hay dos ranchos (uno ejidal y otro comunal) con 400 *ha* y 378 *ha* respectivamente.

En los núcleos ejidales donde se sitúan estos ranchos predomina el tipo de propiedad comunal, puesto que el porcentaje de la superficie parcelada es menor al 12% del total. Sólo en el caso de Yécora (DMU 6), el 60% del núcleo ejidal está parcelado. (INEGI, 2007)

Únicamente en el caso de las DMU 4 y 5 del Ejido de Aconchi, los encuestados no contestaron directamente cuál es la cantidad de tierra de la que disponen. Señalaron que el ejido tiene una superficie de 28,628 *ha* de uso pecuario sin parcelar ni cercar, así que es complejo determinar cuál es la extensión de tierra con la que cuenta cada rancho. Se asignó una parte proporcional de tierra con base en el número total de cabezas que hay en el ejido –de acuerdo con los datos del censo agropecuario estatal– y las cabezas que posee el ejidatario.

Respecto de la renta de tierras, 10 personas son arrendatarios, de éstos 3 son ejidatarios/comuneros y 7 propietarios privados, los cuales tienen extensiones de terreno entre las 300 y las 3,000 *ha* La superficie rentada promedio fue de 319.5 *ha*, el precio por *ha* fue de \$169.57 y el desembolso anual promedio fue de \$14,215.28. Cuatro personas especificaron que la tierra rentada era para sembrar. Ninguno de los encuestados señaló ser arrendador.



Ejido Salvador Alvarado, costa de Hermosillo, Sonora, julio de 2012.

4.2.2 Tipo de ganadero y estructura del hato

Se dividió la muestra de ganaderos entrevistados de acuerdo con la estratificación realizada en el capítulo 3 y se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 11. Estratificación de los productores de la muestra con base en el número de UA				
Estratos por UA	Número de productores	Porcentaje	Número de UA	Porcentaje
De 1 a 30	2	9.52%	45.8	1.06%
Más de 30 a 60	2	9.52%	79.3	1.83%
Más de 60 a 100	2	9.52%	159.1	3.68%
Más de 100	15	71.43%	4,039.55	93.43%
Totales	21	100%	4,323.75	100%

Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta

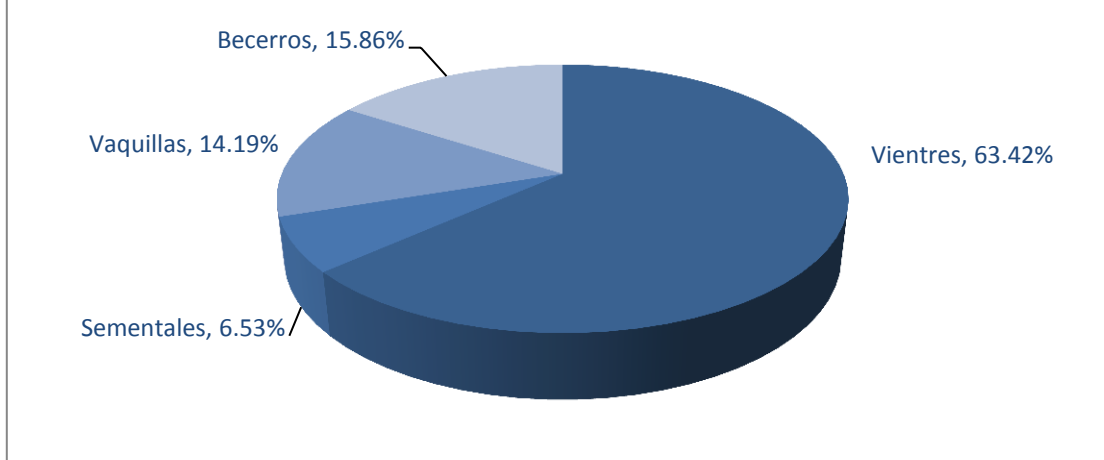
La mayor parte de las DMU están en la clasificación “Alto”, pues son productores con más de 100 UA. En promedio, los ranchos tienen 205.89 UA, el mínimo son 19.7 y el máximo 607.5. Si bien la media es mayor que la nacional, se puede confrontar con los resultados de Urdaneta y colaboradores (2010) que analizaron ranchos de doble propósito en Maracaibo, Venezuela y éstos tenían más animales en una menor extensión de terreno, reflejo de que cuentan con mejores condiciones agroecológicas: 303.46 *ha* de extensión y 272.72 UA, con mínimo de 28.63 y un máximo de 1,816.63 UA.

En el anexo 2, tabla A1, puede observarse con detalle la clasificación de los ganaderos, el número de UA por tipo de animal y la tasa de parición, que es un primer indicador de la eficiencia. El porcentaje medio de parición es de 66.34% (lo cual estaría por debajo de la recomendación del 75-80%), con el mínimo de 43.75% y un máximo de 90%. Seis de los ganaderos de tipo “Alto” tienen más del 75% de parición, de los cuales dos son ejidales y cuatro privados. Tres DMU, la 8, 11 y 19 son netamente empresariales y con altas tasas de parición, por lo que se esperaría que se encuentren entre las más eficientes.

Todos los ranchos se dedican a la venta de becerros. Cuatro combinan esta actividad con la producción de queso (las DMU 13, 14, 15 y 20 que son ejidales), uno con la producción de ganado de registro (la DMU 8) y tres con la engorda y compraventa de ganado (las DMU 1, 11 y 12).

Por tipo de animal, en promedio la estructura es la siguiente:

Gráfica 6. Estructura promedio de los ranchos por tipo de animal

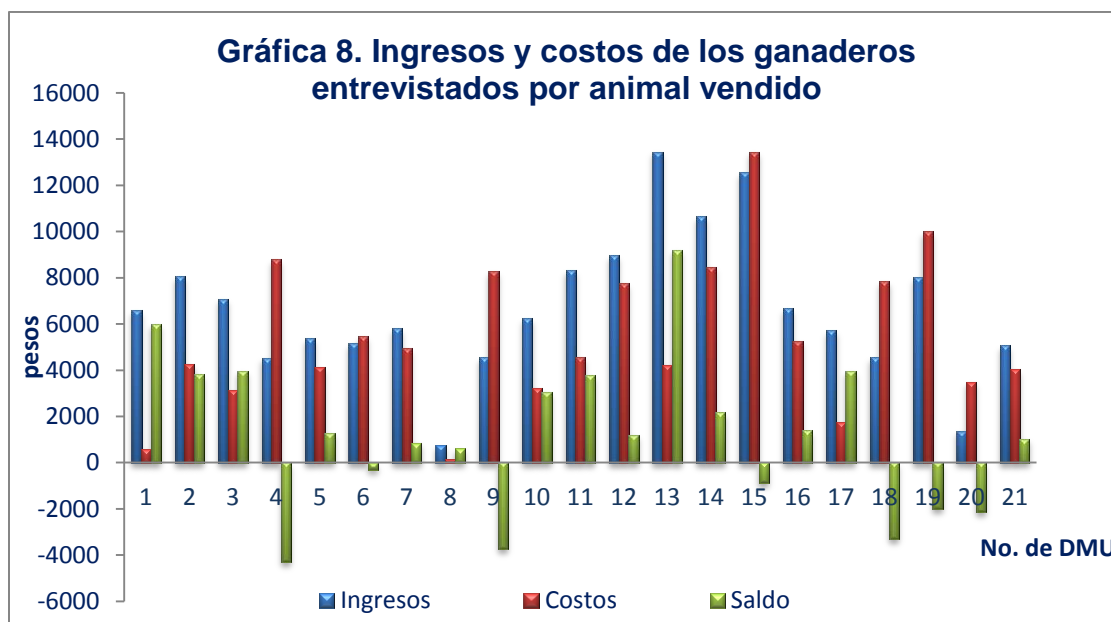
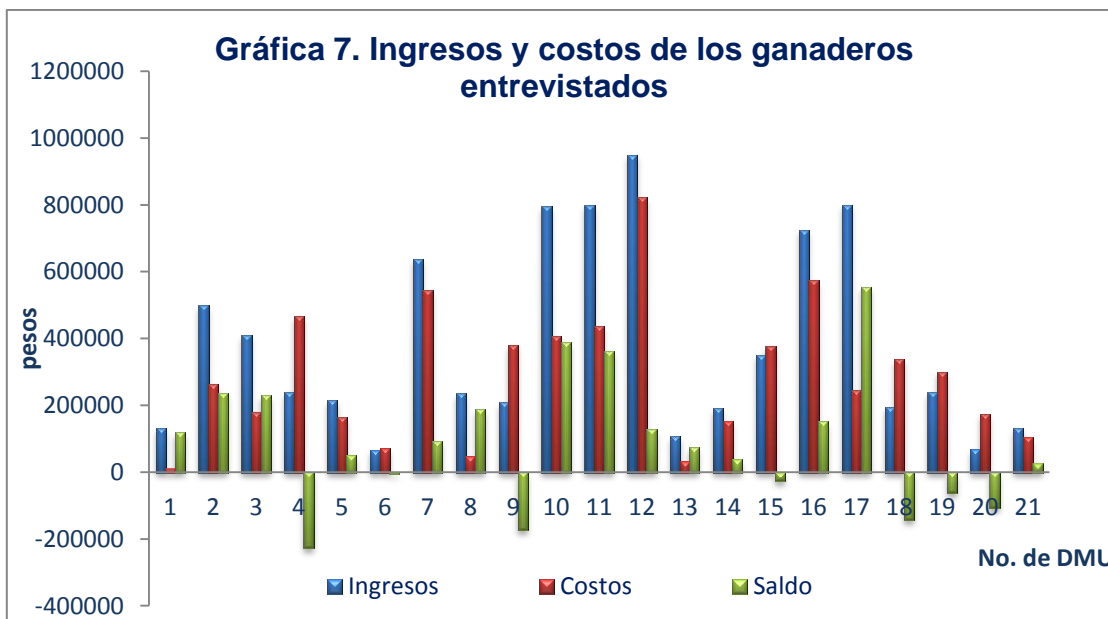


El hato promedio se conforma por 205.9 UA, dividido en 130.57 vientres, 13.45 sementales, 29.21 vaquillas y 32.65 becerros. A nivel nacional el hato promedio es de 68 cabezas: 38 vientres (55.9%), dos sementales (2.9%), 13 vaquillas y 8 toretes (30.9%) y 18 crías (26.5%) En comparación, hay un mayor número de vientres y menor cantidad de crías, reflejo de la especialización de las unidades de producción aquí analizadas en la venta de becerros para engorda. Por otra parte, la existencia de más vientres proporcionalmente a los otros tipos de animal sugiere un reconocimiento de la importancia de este tipo de animal en el hato. (Universidad Autónoma Chapingo, 2006)

4.2.3 Costos e ingresos

En cuanto a la estructura de costos e ingresos de las unidades de producción pecuaria, se sumaron los ingresos por la venta de todos los tipos de animal, además de la venta de queso y los montos por subsidios de PROGAN y de otros programas tales como PROCAMPO y Activos Productivos de ASERCA. Se preguntó si se obtenían ingresos adicionales de otras actividades, pero no el monto en pesos de dicho ingreso.

Los costos incluyeron los gastos en forrajes suplementación, compra de ganado y mejoras genéticas, gastos para mejoras en el predio como cercado, pozos, siembra de zacate buffel, etc. En las siguientes gráficas se observa el balance en total y el balance por unidad animal vendida.



En siete casos (33.3%) los ganaderos presentan un saldo negativo. La de mayor déficit es la DMU 4, debido a un fuerte gasto en compra de animales y mejoramiento genético y dijo que no obtiene otros ingresos fuera del predio. DMU 18 no tiene ingresos extra, pero hizo gastos en cercado, financiamiento y siembra. La DMU 6 tiene un déficit pequeño, en su caso hizo un desembolso para construcción de un represo y siembra de *buffel*.

En los casos de las DMU 9, 15, 19 y 20, tienen otros ingresos fuera de la UPP y puede esperarse que esto compense el déficit. La DMU 9 hizo fuertes inversiones

en cercado y siembra. La DMU 19 gastó en compra de sementales. La DMU 20 gastó en construcción de una represa y otras mejoras del predio.

En cuanto a las que tienen saldo positivo las DMU 2, 10 y 11 erogaron amplias cantidades para mejoras en el predio, que se compensaron con altos ingresos. Las DMU 3, 13 y 17 también gastaron en mejoras pero en menor proporción que las antes mencionadas, mientras que la DMU 1 obtuvo un importante superávit por UA vendida porque en general gastó muy poco durante el año.

En el siguiente cuadro se resumen los ingresos y costos promedio para la muestra.

Tabla 12. Ingresos y costos promedio de los ganaderos entrevistados.			
	Ingresos En pesos	Costos En pesos	Saldo En pesos
Total	381,096.57	290,174	90,922.58
Por UA vendida	6,639.55	5,415.66	1,223.9

Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta.

Los ingresos promedio son mayores si se compara con de la evaluación nacional al PROGAN²⁷. Aunque el saldo es positivo, los ingresos por UA vendida son reducidos, lo cual puede deberse a bajos niveles de productividad y deficiencias importantes en el manejo.

En conclusión, la muestra está compuesta por hombres de mediana edad con un nivel educativo elevado respecto de la media estatal y nacional. Son ganaderos de tipo alto, que poseen ranchos relativamente extensos, en virtud de las condiciones agroecológicas de la entidad. Poco más de la mitad son de propiedad privada y el resto ejidal/comunal, lo que habla de la importancia de la ganadería ejidal en Sonora. Casi la mitad renta tierras.

La principal finalidad zootécnica es la venta de becerros, en cuatro ranchos de menor tamaño se vende queso, pero el porcentaje de encuestados que depende exclusivamente de la ganadería es menor que la media nacional, por lo que tienen otros ingresos que los hacen menos vulnerables a las condiciones agroecológicas. Si bien el saldo de costos e ingresos es positivo, la ganancia por unidad vendida es reducida, lo que puede deberse a deficiencias en el manejo, por ejemplo la tasa

²⁷ Cfr. Universidad Autónoma Chapingo (2006)

de parición promedio -uno de los principales indicadores técnicos- es menor a la recomendada.

4.3 El análisis envolvente de datos (DEA)

4.3.1. Análisis de las variables

De acuerdo con el modelo planteado en el capítulo 3, se procedió a realizar el análisis de las variables en el paquete estadístico Stata versión 11 y la elaboración del modelo el paquete de software especializado Data Envelopment Analysis Program (DEAP) Version 2.1.

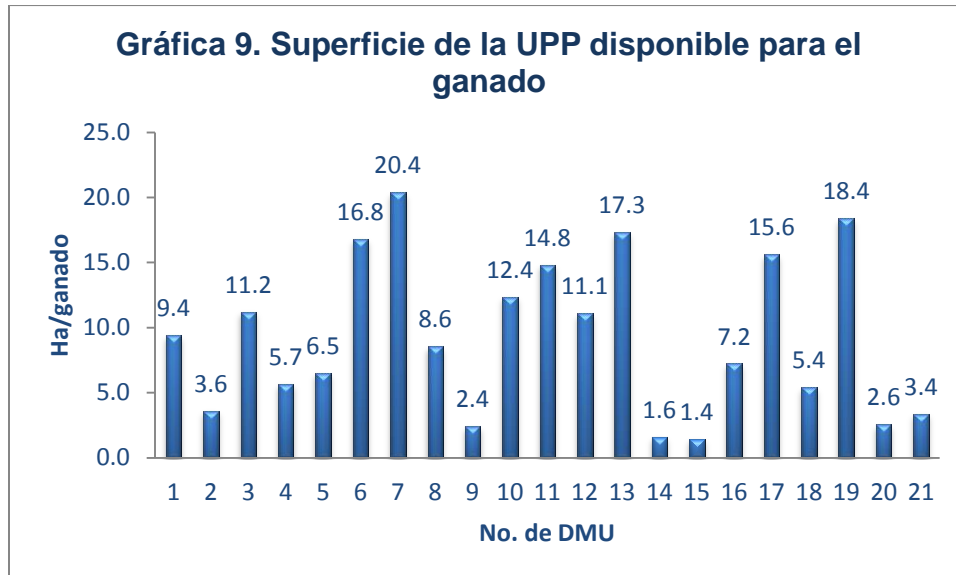
En el anexo 2, tabla A3, pueden consultarse de manera detallada las estadísticas descriptivas del conjunto de posibilidades de producción T definido en el capítulo 3. En el cuadro siguiente se presenta un resumen de las mismas

Tabla 13. Estadísticas descriptivas de las variables del modelo DEA				
Output (y)	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Beceros vendidos (outputb)	9178.81	8440.315	940	36000
Ingreso becerros vendidos (outputby)	309553	321769.7	28700	1440000
Input (x_j)	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Ganado (ganado)	144.0357	123.6127	16.3	467.5
Superficie neta de la unidad de producción pecuaria (supuppn)	1592.071	1941.856	41.7	6500
Compra de forrajes y gastos extra en alimentación (forrentcuot)	64326.43	54323.44	500	162800
Sueldos y salarios (psal)	52380.95	42233.39	100	168000

En general existe gran variabilidad en los *inputs* y *output*. Las medianas son menores que la medias; los datos presentan la asimetría positiva. También exhiben una curtosis mayor de 3 (excepto la variable compra de forrajes, con una curtosis de 2), que implica colas más delgadas que las de la distribución normal.

Se analizó la correlación de Spearman entre las variables, los resultados pueden consultarse en el anexo. Todos los *inputs* presentaron alta correlación positiva con el *output* a un nivel de significancia de 0.01. El insumo ganado es el que presenta mayor correlación.

En cuanto al análisis de los *inputs*, en el siguiente gráfico puede observarse la relación de superficie neta de la UPP/ganado, la media es de 9.3 *ha/UA*, que es un valor muy pequeño respecto al promedio de los coeficientes de agostadero municipales de COTECOCA que es de 28.22. Esto coincide con los estudios citados en el capítulo 2 acerca de la problemática de la alta carga animal que existe en la entidad. Las DMU 7, 19 y 13 son las que tienen mayor disponibilidad de tierra.



Respecto de las relaciones y_j/x_{nj} , los resultados pueden consultarse en el anexo 2, tabla A2. De la proporción y_j/x_{1j} (output/ganado) se destaca que las DMU 17 y 2 generan 117.19 y 102.05 unidades de producto por unidad de ganado respectivamente. Para las DMU 11, 1 y 3, esta proporción es mayor de 80. Las que menos producen son las DMU 19, 4 y 21 con una proporción menor de 45. El promedio para la muestra es de 66.91.

La razón y_j/x_{2j} tiene grandes disparidades que se corresponden con la gran variabilidad en los tamaños de los predios. Destacan las DMU 15, 14, 2, 9 y 20 que producen más de 20 unidades de output por unidad de superficie. El resto

producen menos de 13, las que tienen la relación más pequeña son las DMU 19 con apenas 0.97 y la DMU 7 con 2.22.

Las DMU 3 y 19 prácticamente no realizan ningún gasto en forrajes, por lo que el cociente y_j/x_{3j} es mucho mayor que el de los demás, de cerca de 12, mientras que otras como las DMU 15 y 20 tienen una relación de apenas 0.02 unidades de *output* por cada una de *input*, esto se debe a que realizaron gastos extraordinarios por las dificultades derivadas de la sequía de 2011, algunos de los ganaderos entrevistados estuvieron tramitando la compra de alimento con subsidio gubernamental por la emergencia climática.

Asimismo en la relación y_j/x_{4j} se destacan las DMU 5, 1 y 6 que tienen cocientes por encima de las 14 unidades de producto por unidad de gasto en sueldos y salarios de personas ajenas al predio, ya que técnicamente no hacen desembolsos para pagar salarios. El resto de las DMU tiene relaciones por debajo de uno, la menor es la de la DMU 20, de 0.02.

Como puede observarse, hay varios datos atípicos, pero como éstos no se presentan para una misma DMU, no se consideró pertinente eliminar a ninguna del modelo DEA.

Como herramienta auxiliar para complementar el análisis de estas variables, se realizó una regresión por MCO con la variable y (becerros vendidos, *output*) como la dependiente y las variables x_1, x_2, x_3, x_4 –Ganado (ganado) Superficie neta de la unidad de producción pecuaria (*supuppn*) Compra de forrajes y gastos extra en alimentación (*forrentcuot*), Sueldos y salarios (*psal*)– como las independientes, véase anexo 2, tabla A4) Se obtuvo que sólo las variables x_1, x_3 (ganado y gasto en forrajes) son significativas al nivel de 0.05, con coeficientes positivos tal como se esperaba. La R^2 ajustada fue elevada, de 0.7885, por lo que como se suponía las variables independientes explican en gran medida la variabilidad de la dependiente.

Los coeficientes son negativos y estadísticamente no significativos para las variables x_2, x_4 –Superficie neta de la unidad de producción pecuaria (*supuppn*), Sueldos y salarios (*psal*)– Es posible que el tamaño del predio no incida directamente en la producción de becerros porque extensiones grandes pueden

ser muy improductivas y viceversa, por lo que es importante considerar además la calidad del suelo.

4.3.2 Resultados de los modelos DEACRSIOT y DEAVRSIOT aplicado a los ganaderos sonorenses

En el anexo 2, tablas A5 y A6, pueden consultarse con detalle los resultados obtenidos. La eficiencia técnica promedio del modelo DEA con retornos constantes a escala orientado al input para el conjunto T (**DEACRSIOT**) fue de $\theta^* = 0.802$, lo que implica que con una reducción simultánea de 19.8% de todas las x_{nj} promedio se obtendría la misma cantidad de y_j , por lo que hay un potencial para la mejora en las DMU ineficientes, con un mínimo de 1.8% y un máximo de reducción de *inputs* de 49.7%.

En relación con el desempeño de cada DMU del modelo **DEACRSIOT**, se obtuvo que las DMU eficientes (1, 2, 3, 5, 14, 15 y 17), con $\theta^* = 1$, representan el 33.3% de la muestra. Éstas incluyen a ganaderos de tipo alto y mediano, con propiedad ejidal y privada. Otro 33.3% de la muestra (DMU 6, 8, 9, 10, 11, 13 y 19) obtuvieron scores en el intervalo $0.718 < \theta^* < 0.982$, de forma que estas unidades son relativamente eficientes. Las de menores scores (DMU 4, 7, 12, 16, 18, 20 y 21) están en el intervalo $0.503 < \theta^* < 0.656$ que son el restante 33.3%.

Además hay un potencial adicional para reducir el uso de recursos, ya que las variables de holgura (*slacks*) fueron en promedio de 14.9 para x_1 , 335.9 para x_2 , 1,187.45 para x_3 y 7,167.67 para x_4 . Los valores objetivo de los inputs x_{nj} para cada DMU, es decir la combinación de recursos óptima que podrían utilizar con base en los ponderadores λ_j y la reducción de *slacks*, se encuentran en el anexo. La empresa eficiente en promedio debe combinar 92.51 unidades de x_1 , 852.51 de x_2 , 47,470.36 de x_3 y 30,927.37 de x_4 para producir 9,178.81 unidades de *output* y . Es decir, en términos de porcentaje, la empresa promedio óptima reduce el uso de *inputs* en 36% de x_1 , 46% de x_2 , 26% de x_3 y 41% de x_4 respecto del promedio sin optimizar.

La eficiencia técnica promedio del modelo DEA con retornos variables a escala orientado al input para el conjunto T (**DEAVRSIOT**) fue de $\theta^* = 0.899$, que implica reducir el uso de los recursos en 10.1%, tal como se esperaba es comparativamente mayor respecto del modelo **DEACRSIOT**. El 57.14% de la muestra (12 DMU's) obtuvieron $\theta^* = 1$.

En cuanto a la eficiencia de escala, siete de las DMU (33.3%) son eficientes. El 38.1% de las DMU (ocho ranchos) operan en la región de rendimientos crecientes a escala (Increasing Returns to Scale, IRS) lo que significa que la productividad media en estos ranchos aumenta con aumentos en los insumos (Ray, 2004) El 28.57% (seis DMU's) opera en la región de rendimientos decrecientes a escala (Decreasing Returns to Scale, DRS), en estas DMU los esfuerzos deben centrarse en un mejor uso de los recursos existentes, en lugar de aumentarlos, pero en algunas entrevistas se detectó que algunos ganaderos desean incrementar su hato y la cantidad de tierras, lo cual sería recomendable sólo si se encuentran en la región de IRS.

El contraste entre los dos modelos sugiere que si bien existe potencial para reducir los insumos mínimos necesarios para la producción de becerros, la escala a la que operan las DMU de la encuesta parece no ser un determinante importante, ya que en ambos modelos son eficientes los de tipo mediano y alto. ²⁸

4.3.3 Modelo con precios DEACRSIOTP

Se obtuvo que el precio promedio por kilogramo (*kg*) de becerro vendido es de 33.95 pesos, con un mínimo de 20 pesos y un máximo de 46 pesos, y precio promedio por *kg* de becerra es 25.5 pesos, con el mínimo de 19 pesos y 36 máximo. Cabe señalar que los precios de la subasta ganadera en Sonora se constituyen como referencia a nivel nacional y son comparativamente más elevados.²⁹

En el anexo, tabla A7, se exponen los resultados. La eficiencia técnica promedio del modelo DEA con retornos constantes a escala orientado al input para el

²⁸ Cfr. con los resultados de Urdaneta, et al.(2010)

²⁹ <http://www.mexicoganadero.com/precios/>

conjunto T^P (**DEACRSIOTP**) fue de $\theta^* = 0.755$, lo que implica que con una reducción simultánea de 24.46% de todas las x_{nj} promedio se obtendría la misma cantidad de y_j , con un mínimo de 5.3% y un máximo de reducción de *inputs* de 61.3%. Si compramos estos resultados con el modelo **DEACRSIOT**, vemos que cuando se consideran los precios de venta de los becerros en la variable de *output*, es menor la eficiencia del conjunto de DMU.

Las DMU eficientes con $\theta^* = 1$ en el modelo **DEACRSIOTP** son 1, 2, 3, 5, 15 y 17, representan el 28.6% de la muestra. El 19% (DMU 8, 11, 14 y 19) obtuvieron scores en el intervalo $0.909 < \theta^* < 0.992$, y once DMU (4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 16, 18, 20 y 21) están en el intervalo $0.387 < \theta^* < 0.680$ que son el restante 52.4%.

En este caso el potencial adicional para reducir el uso de recursos –los *slacks*– fueron en promedio de 14.9 para x_1 , 335.9 para x_2 , 1,187.45 para x_3 y 7,167.67 para x_4 . Los valores objetivo de los inputs x_{nj} , para la empresa eficiente promedio son la combinación de 88.04 unidades de x_1 , 825.71 de x_2 , 45,323.67 de x_3 y 31,555.555 de x_4 para producir 309,552.95 unidades de y^p , los porcentajes de reducción de *inputs* de la DMU promedio óptima respecto del promedio sin optimizar son mayores en este caso: 39% de x_1 , 48% de x_2 , 29.5% de x_3 y 40% de x_4 .

Con este modelo los scores de eficiencia dividen a la muestra en dos: los que están entre 0.909 y 1, y los que tienen menos de 0.680, a diferencia del modelo **DEACRSIOT** que prácticamente genera tres grupos de ganaderos eficientes. En general, los precios de venta otorgan ventajas extraordinarias a las DMU que ya son eficientes, mientras que por el contrario los bajos precios de venta perjudican el desempeño de una parte importante de las DMU.

4.3 Resultado de las extensiones del modelo DEA aplicadas a los ganaderos sonorenses

4.3.1. Supereficiencia

Con base en lo señalado en el apartado 3.6 del capítulo 3, se procedió a calcular siete modelos DEA adicionales, manteniendo el mismo conjunto T , pero eliminando en cada modelo a las DMU con $\theta^* = 1$. Los scores obtenidos de cada una de estas regresiones se restaron a los scores del modelo **DEACRSIOT**. Se obtuvieron los siguientes resultados

DMU	Δ^k
17	0.550192
2	0.101201
1	0.018143
15	0.0081
3	0.000326
5	4E-05
14	0

La DMU 17 es supereficiente relativamente a las demás de la muestra. La DMU 14 es la menos influyente. Esta información nos permite tener una clasificación de todas las DMU que resulte útil para el análisis de las relaciones entre los *scores* de eficiencia y el manejo del rancho.

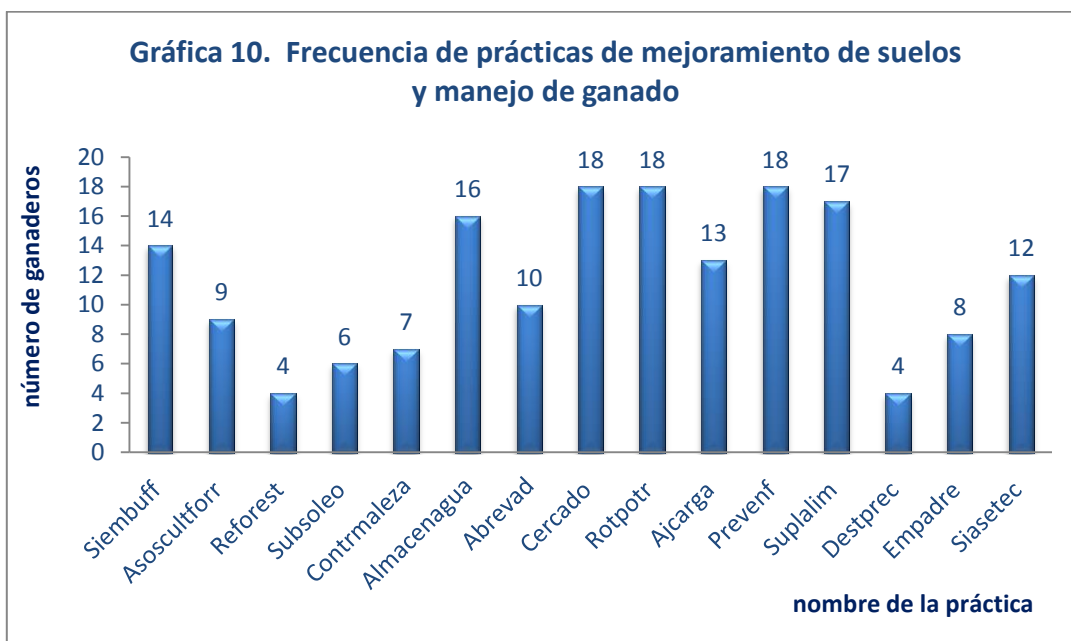
4.3.2. Las variables de mejoramiento de suelos y manejo de ganado

En esta sección se busca caracterizar a las UPP de los entrevistados de acuerdo con las acciones que llevan a cabo para manejar sus ranchos. Es necesario aclarar que se requiere complementar las respuestas del cuestionario con estudios *in situ* que implicarían un equipo multidisciplinario para determinar el estado de los ranchos en términos biofísicos, lo cual estuvo fuera del alcance de esta investigación.

En las siguiente gráfica se resume la frecuencia con la que se implementan 15 prácticas de manejo:

- 1) Siembra de pasto *buffel*
- 7) Conducción del agua y

- | | |
|--|--|
| (Siembuff) | abrevaderos (Abrevad) |
| 2) Siembra de cultivos forrajeros (Asoscultforr) | 8) Cercado (Cercado) |
| 3) Reforestación (Reforest) | 9) Rotación de potreros (Rotpotr) |
| 4) Aplicación de subsoleo y otras técnicas de descompactación del suelo (Subsoleo) | 10) Ajuste de carga animal (Ajcarga) |
| 5) Control de malezas –tanto métodos químicos (herbicidas) como físicos (desvarado, quema) (Contrmaleza) | 11) Prevención de enfermedades (Preventf) |
| 6) Obras de almacenamiento de agua (presas, pozos, repesos) (Almacenagua) | 12) Suplementación alimenticia (Suplaliment) |
| | 13) Destete precoz (Destprec) |
| | 14) Época de empadre (Empadre) |
| | 15) Asesoría técnica (Siasetec) |



Las prácticas más comunes son el cercado, la rotación de potreros y la prevención de enfermedades, que son requisitos de permanencia en el PROGAN. En los tres casos que no se aplican las dos primeras se trata de propietarios ejidales. Después está la suplementación alimenticia y las obras para almacenamiento de agua, que incluyen la construcción de pozos, bordos y repesos.

Las menos utilizadas son las acciones de reforestación, el destete precoz y el empadre. Esto se explica porque en el paisaje sonorenses hay poca vegetación arbórea. Por su parte, el destete precoz es una técnica relativamente desconocida entre los ganaderos. El establecimiento de una época de empadre requiere que las vacas estén bien alimentadas para cargarse y calcular las nacencias en la temporada de lluvias, pero esto puede ser difícil con condiciones adversas de clima y suelos.

Llama la atención que 14 ranchos cuentan con siembra de zacate *buffel*, pero en sólo en seis casos se acompaña de técnicas de descompactación de suelos.³⁰ Esto podría vincularse con los años que tiene la pradera de *buffel* y la intensidad con la que se utiliza, entre mayor sea la antigüedad y el uso, es más probable que se necesite implementar estas técnicas. Aunque lo recomendable es dar mantenimiento a la pradera de forma regular.

Por la sobrecarga animal existente en Sonora, una de las acciones más importantes es el ajuste de carga animal. El 61.9% (13 ganaderos) la llevaban a cabo. Para establecer la magnitud del ajuste, es preciso calcular el coeficiente de agostadero (CA)³¹ del predio, ya que éste fija la carga máxima.

Para el estado de Sonora, se requieren de grandes extensiones de terreno por UA debido a la baja producción de materia seca para alimentar al ganado. El CA promedio para esta muestra es de 28.23 *ha/UA*, que es más alto que el promedio estatal de COTECOCA de 22.36, con una desviación estándar de 5.36. Los coeficientes más pequeños (22.6 *ha/UA*) son para las DMU 4 y 5 ubicadas en el ejido Aconchi, el mayor es de 40.2 *ha/UA* para las DMU 13 y 20 ubicadas en los ejidos Salvador Alvarado y Los Pocitos respectivamente.

Dos tercios de los entrevistados (14 ganaderos) dijeron conocer su CA, sin embargo sólo en nueve casos éstos coinciden o son cercanos a los datos de COTECOCA. En cuatro casos lo conocen pero no hacen ajuste de carga animal³². No obstante, el CA es un indicador que debe tomarse con cautela, ya que

³⁰ Ambas están correlacionadas positivamente en 0.4472 significativo al 5% véase anexo.

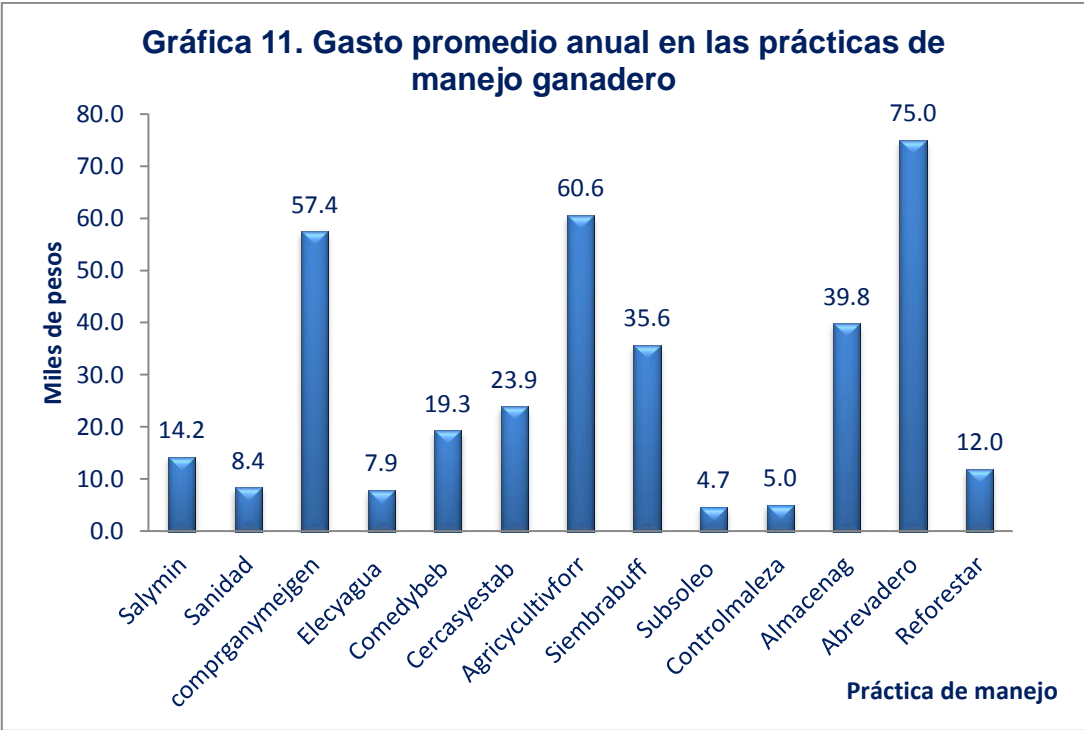
³¹ Recordar que es el número de hectáreas necesarias para el sostenimiento de una unidad animal en un año, sin ocasionar daños en la vegetación.

³² No hubo correlación estadísticamente significativa entre el ajuste de carga y conocer el coeficiente de agostadero, véase anexo.

presenta grandes fluctuaciones dependiendo de cuestiones como la inclinación del terreno, si se introducen pastos, la cantidad y distribución de las precipitaciones, etc.

4.3.3 Costos de prácticas

En la gráfica 11 se señala los gastos promedio que realizaron los ganaderos en cada práctica. Destaca el desembolso en la construcción de abrevaderos y líneas de agua con \$75,000 promedio anual. Es muy importante porque desplazar el ganado para buscar fuentes de agua representa pérdida de su condición corporal. Además, cuando no hay una forma de distribuir el agua, el pisoteo compacta el suelo y reduce la absorción cerca de ríos, arroyos y otras fuentes naturales del líquido. En obras de almacenamiento de agua el costo promedio fue de \$39,800 pesos, el cual fue ejercido en 16 predios. Sobre todo se destinó a la construcción de bordos, repesos o el mantenimiento de los existentes. Sólo en tres casos (DMU 3, 5 y 13) no tienen ninguna obra relacionada con el abastecimiento del agua, lo que pone en riesgo a estas unidades de producción pecuaria puesto que el agua es un recurso indispensable para la producción de ganado.



Otros gastos importantes son realizados en la siembra de cultivos forrajeros para alimentar al ganado. Nueve ganaderos combinaron actividades agrícolas con la producción de becerros. Algunos entrevistados especificaron que una parte de la cosecha se destina a alimentar al ganado y otra parte se vende (DMU 7,9, 12 y 17) pero no fue posible conocer esa proporción.

La compra de sementales y ganado es un egreso importante para muchos ganaderos, de \$57,000 pesos en promedio. Llama la atención que a pesar de la emergencia climática de 2011, 16 ganaderos hayan aumentado el hato. Varios ganaderos especificaron que recibieron subsidios para esta compra. Esto sugiere que las políticas pecuarias siguen encaminadas en mejorar la calidad del hato, pero también acrecentar su número, lo que se contrapone con la estrategia de implementar ajuste de carga y de incentivar un mejor manejo del ganado con el que ya se cuenta en el predio.

Sólo cuatro ganaderos gastaron en la siembra de *buffel*, aunque existen praderas con este pasto en 14 DMU. La erogación promedio fue de \$35,000 pesos. En la entrevista a la DMU 12, dijo que el costo era de \$3,000 pesos por *ha* y sembró 40 *ha*



Alimento para el ganado. Ejido Salvador Alvarado, costa de Hermosillo, Sonora, julio de 2012

En el rubro de cercas y establos, el gasto fue de \$23,900 pesos, que incluye el gasto en su reparación y mantenimiento. Durante el interrogatorio a la DMU 15, mencionó que el kilómetro de cerco cuesta \$32,000 pesos. Si tomamos el área promedio de los predios entrevistados, de \$1,592.1 *ha* y son 320 por *ha*, una cerca perimetral podría costar \$12,768.36 pesos.

Los gastos promedio en todos los rubros de la gráfica 11 son de \$145,300 pesos, que equivalen a 38.13% de los ingresos promedio y el 50% de los costos promedio de los ganaderos de la muestra, por lo que se infiere que implementar las prácticas requiere de apoyo financiero.

Una forma de solventar esos gastos es con el apoyo por parte de PROGAN. En el caso de los ejidos se otorgan \$300 pesos hasta por 1,500 cabezas, por lo tanto el tope de apoyo es de \$450,000 pesos anuales, que deben utilizarse para obras en conjunto. En el caso de las propiedades privadas el máximo para productores grandes es de 300 cabezas, es decir, de \$90,000 pesos, mientras que para productores pequeños se apoya hasta con \$13,125 pesos (43 vientres) Cabe preguntarse si son suficientes estos montos para financiar las obras obligatorias de mejoramiento de suelo y agua a las que se comprometen los inscritos en el programa.

En la muestra lo reciben 14 ganaderos (66.67%), el monto máximo de cabezas inscritas en el programa fue de 500³³ y el mínimo de 20. Se detectó que en 5 casos reciben el apoyo pero no realizaron una o más de las medidas principales para el mejoramiento de suelos que son requisito indispensable que condiciona su otorgamiento.

Si con base en la información de la DMU 12 suponemos que el costo promedio de establecimiento de una *ha* de buffel es de 3,000 pesos, con el monto máximo de apoyo se instalarían hasta 150 *ha* de buffel en los ejidos, 30 *ha* en las propiedades privadas grandes y sólo 4.4 *ha* en la pequeña propiedad. El caso del ejido Aconchi al que pertenecen las DMU 4 y 5, esa cantidad de *ha* de buffel equivaldría a sólo el 0.52% de la superficie ejidal. Para los ranchos de la muestra con menos de 100

³³ Este dato es engañoso porque el tope máximo de apoyo para predios de propiedad privada es de 300 cabezas (SAGARPA, 2008)

UA equivaldría a 1.3% de su extensión promedio, mientras que para las DMU con entre 100 y 200 UA el porcentaje es de 7.2%, los cuales son reducidos. Además no se consideran otros gastos, por ejemplo si se requiere rehabilitación de los suelos y los estudios técnicos sobre la viabilidad de su siembra.

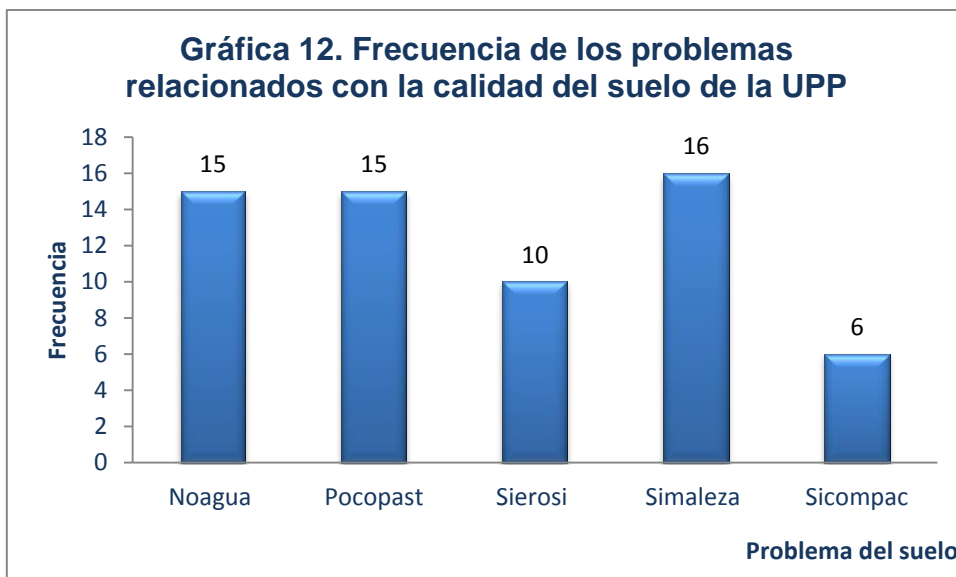
En cuanto a las obras de retención de agua, con el monto máximo para los productores de tipo pequeño sólo se cubriría el costo de instalar un pozo a cielo abierto de 8.75 metros de profundidad, que serían exiguos para el caso de Sonora, ya que la escasez de agua superficial provoca que el recurso subterráneo sea la principal fuente de suministro y éste se encuentre a gran profundidad (Vega Granillo, et al., 2011)

No obstante, debido a la gran mejoría en los coeficientes de agostadero al introducir estas praderas, no debe soslayarse la importancia del PROGAN, que sin duda es un instrumento de gran relevancia para reducir la brecha de financiamiento existente para los ganaderos que desean mejorar sus predios.

4.3.4 Calidad del suelo

De los ganaderos entrevistados, sólo dos dijeron que la calidad del suelo en sus predios es mala y no les alcanza para alimentar al ganado (DMU 5 y 9), siete la consideraban regular y doce que es buena o adecuada.

Pero la situación es diferente si se toma en cuenta las respuestas acerca de los problemas relacionados con su calidad. En el siguiente gráfico se presenta la frecuencia con la que los encuestados observaron si se presentan problemas de escasez de agua (Noagua), reducción en la cantidad de pastos (Pocopast), erosión de suelos (Sierosi), crecimiento de plantas indeseables (Simaleza) y compactación de suelos (Sicompac)



En 15 ranchos dijeron que en los últimos 5 años se ha reducido la cantidad de agua para el ganado y la cantidad de pastura disponible, en 10 se ha observado erosión del suelo y en 16 el crecimiento de plantas indeseables, pero no obstante que es el problema más frecuente, sólo siete ganaderos implementaron acciones y gastaron una cantidad muy pequeña para su control.

La mayoría de los ganaderos considera a la sequía el problema más importante al que se enfrentan, sólo uno dijo que no es un problema, le sigue el problema de los precios del ganado. Pero la comercialización, la erosión del suelo y la falta de asesoría técnica no se perciben como problemas relevantes, a pesar de que casi la mitad señaló la existencia de erosión de suelos en sus predios.

4.3.5 Análisis de segunda etapa.

Se realizaron correlaciones Spearman entre la variable dependiente **theta** (los scores de eficiencia del modelo **DEACRSIOT**) y cada práctica de manejo individual de las incluidas en el índice. Únicamente la asesoría técnica tiene correlación estadísticamente significativa al 0.10, se relaciona de forma inversa con **theta**, es decir que contar con asesoría técnica incide de forma negativa en el score de eficiencia. Entre las prácticas no hay correlación significativa al nivel de 0.05 El ajuste de carga presenta correlación positiva con la prevención de enfermedades, destete precoz y empadre al nivel de significancia de 0.10, con

este mismo nivel se relaciona positivamente la rotación de potreros con conocer el coeficiente de agostadero.

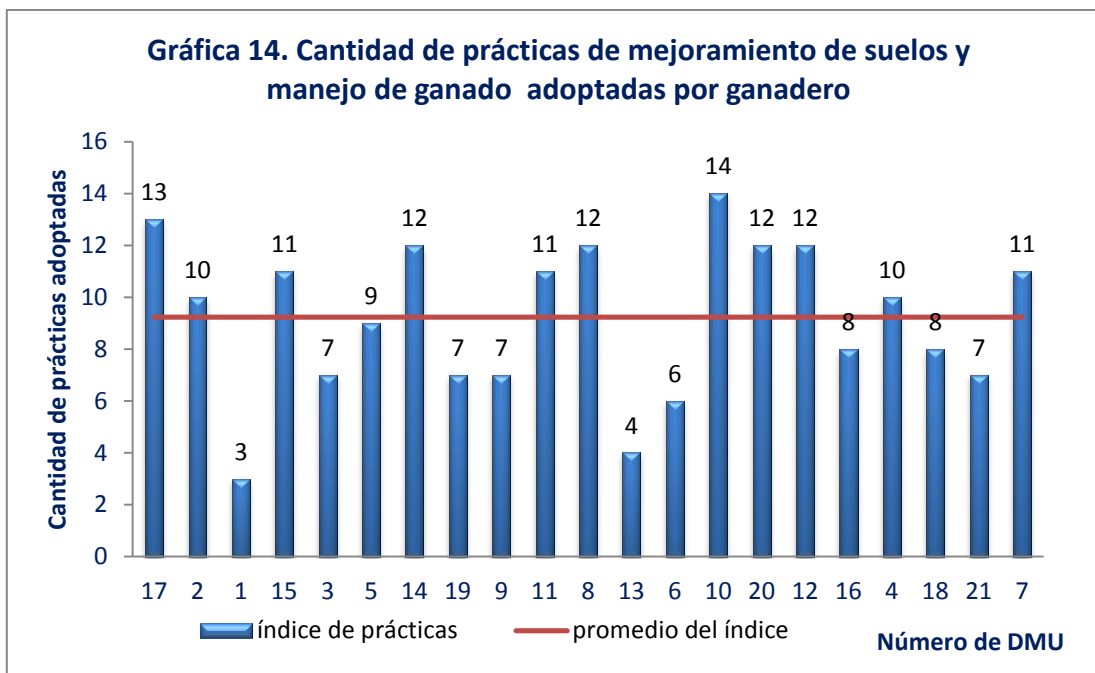
También se obtuvieron las correlaciones entre **theta**, **el output** (becerros vendidos) y las variables independientes no discrecionales: **número de cabezas apoyadas con PROGAN, índice de prácticas ganaderas, índice del gasto anual en prácticas ganaderas, calidad del suelo, edad, educación, ocupación y superficie de la UPP sembrada con zacate buffel.**

Se observó que se correlacionan con el output la edad (negativamente) y el número de cabezas inscritas en PROGAN (de forma positiva), pero las demás variables no guardan relación. Los problemas relacionados con la calidad del suelo presentan correlación negativa con **theta** con una significancia del 0.05.

Posteriormente se estimó una regresión lineal por MCO, con errores robustos, ya que al tratarse de una muestra pequeña, se relaja el supuesto de homoscedasticidad en los errores. (Cameron & Trivedi, 2009) Los regresores estadísticamente significativos al 0.05 son: el índice de la calidad del suelo, el gasto anual en las prácticas ganaderas, la superficie con *buffel* y la constante. Por su parte fueron no significativos el número de cabezas inscritas en PROGAN y el índice de prácticas.

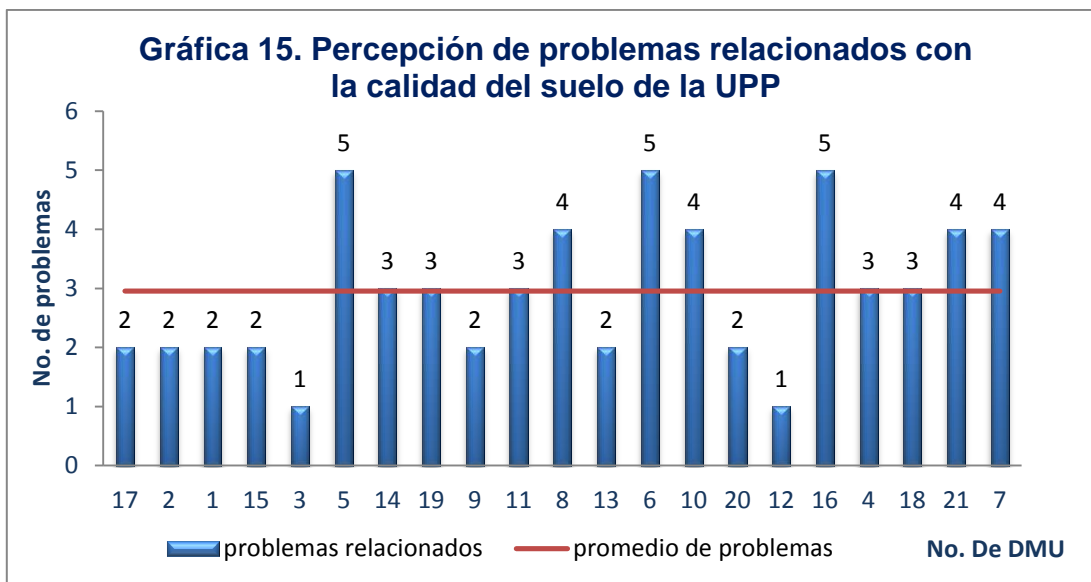
Con relación a la variable superficie con zacate *buffel*, el coeficiente es estadísticamente significativo y aunque con un efecto marginal pequeño, es una variable no discrecional que influye en el score de eficiencia de forma positiva. El 71.4% de las DMU (15 personas) cuentan con este pasto, la media es de 248.3 *ha*, el valor mínimo es de 3 y el máximo de 2,000 *ha*, por lo que tiene una gran dispersión. Por tipo de ganadero, destaca que los que no tienen *buffel* son de tipo alto (7, 9, 11, 16 y 18) y sólo uno es medio bajo (la DMU 1) Las que tienen las mayores cantidades son las DMU 8 y 19. En varios ejidos existen praderas de *buffel* pero el acceso se condiciona al pago de una cuota para el mantenimiento de las mismas, lo que podría sugerir que los ejidatarios con mayores recursos se benefician y por lo tanto el por qué algunos ejidatarios son ganaderos de tipo alto y la diferenciación al interior de los ejidos. Sólo en siete DMU que cuentan con *buffel* realizaron labores de resiembra y descompactación para su mantenimiento.

.En la regresión lineal, el coeficiente del índice de prácticas es positivo, aunque no fue significativo. La siguiente gráfica se observa el índice de prácticas aplicadas en cada DMU, ordenadas nuevamente de la más a la menos eficiente. De las ocho primeras, sólo la mitad aplica más prácticas que el promedio (que fue de nueve prácticas).



La DMU 17 (supereficiente) es la segunda que mayor índice de prácticas aplica, se por lo que se puede conjeturar que si bien no hizo grandes desembolsos en el año considerado, cuenta con un manejo integral de su rancho. Pero en los otros casos es complicado hacer generalizaciones.

En cuanto a la calidad del suelo, su coeficiente es negativo y estadísticamente significativo al 0.05. Aunque el efecto marginal es reducido, llama la atención que un mayor número de problemas en el predio reducen el score de eficiencia **theta**. En el gráfico 15 se confirma esta relación, se ordenan las DMU de la más a la menos eficiente:



No

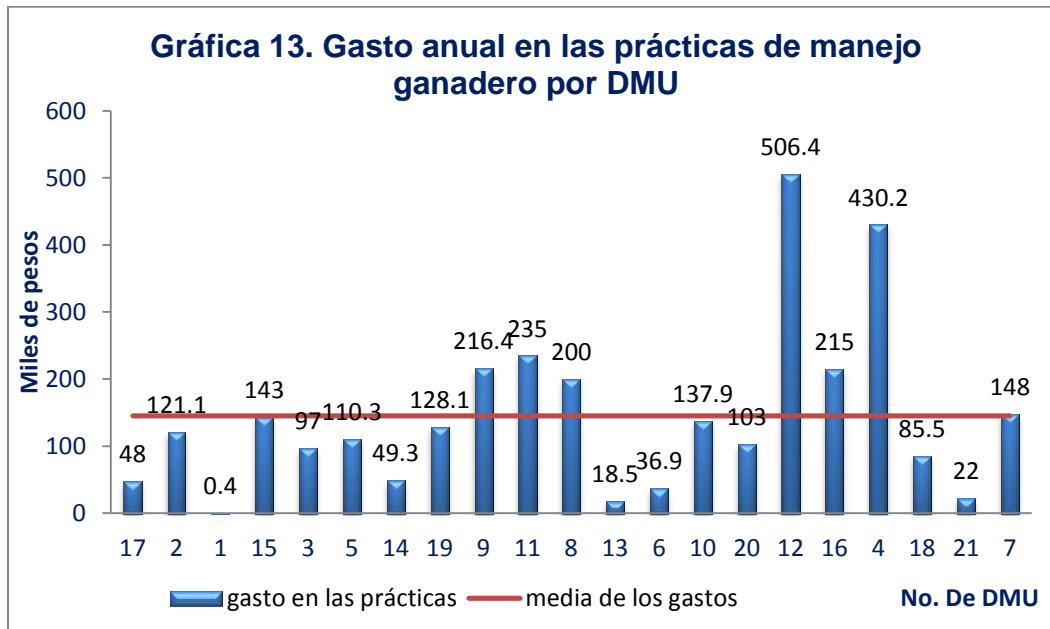
Faltaría realizar una visita a cada rancho para corroborar que efectivamente no hay problemas. Sin embargo, aunque la DMU 1 (eficiente) sólo dijo que había notado reducción en la cantidad de agua y pasto, en este caso puede tratarse de mayor producción de becerros a costa de la presión al recurso suelo ya que aplicaba tres prácticas y no conocía coeficiente de agostadero. Por su parte, coincide un mayor número de problemas con peores scores de eficiencia.

En cuanto al gasto en las prácticas, el coeficiente de la regresión lineal es reducido y su influencia en el score es negativa. Si bien puede cuestionarse que el gasto no incide directamente en la producción de becerros obtenidos durante el año 2011, es interesante la relación inversa que se establece entre el score y el gasto. En la gráfica 13 se presentan los gastos anuales en las practicas por DMU, ordenadas de la más a la menos eficiente (de izquierda a derecha) de acuerdo con el índice de supereficiencia.

Las ocho DMU más eficientes gastaron por debajo del promedio. Pueden considerarse tres escenarios para explicar esta situación:

- a) En años anteriores los eficientes ejecutaron gastos en inversiones y están dando su fruto ahora, por eso ya no hicieron desembolsos en 2011.
- b) Los más eficientes no están interesados en mejorar sus predios y presionan el suelo y los recursos del rancho.

- c) Los ineficientes están invirtiendo en sus ranchos para contrarrestar pérdidas en la productividad de sus predios, porque perciben que hay problemas en sus ranchos.



También se realizó un modelo Tobit censurado a la derecha en 1 (Anexo 2, cuadro A10) Los resultados de los signos de los coeficientes y su significancia son similares al caso de la regresión por MCO. En este modelo los efectos marginales son mayores y se tiene mejor ajuste de la pseudo- R^2 , pero dado que se trata de la variable latente y^* , la interpretación resulta menos directa. La comparación entre ambos modelos coincide con lo señalado por Banker y Natarajan (2008), que mencionan que un modelo lineal por MCO es una buena opción para los análisis de segunda etapa, tanto o más que los modelos Tobit.

4.4 Casos particulares de DMU

4.4.1 La DMU supereficiente

El productor de la DMU 17 fue el más eficiente de esta muestra en todos los modelos calculados. Se trata de un ganadero de 48 años, con estudios de licenciatura. Es de tipo alto, pero no se encuentra entre los que poseen la mayor cantidad de UA.

El tipo de propiedad es privada, sus ingresos están diversificados porque vende queso y en ocasiones también bacanora, la tradicional bebida sonoreense. De hecho, tuvo el mayor ingreso neto (ingresos menos costos) de la muestra. Asimismo, destaca que tiene una elevada tasa de parición (80%), cuenta con un pequeño porcentaje de *buffel* en su predio y fue de los que mayor número de prácticas aplicó a pesar de que no está inscrito en PROGAN. Fue de los pocos que invirtió en "limpiar el buffel".

En la entrevista señaló que aunque hay dificultades financieras para invertir en el predio, ya tenía proyectos para construir un represo y establecer cercado.

En cuanto a las condiciones del suelo en su predio, mencionó que había notado la reducción de la cantidad de pasto y crecimiento de malezas, pero que él mismo se daba asesoría técnica y procuraba dar mantenimiento al predio.

Puede concluirse que este ganadero concuerda con las hipótesis de este trabajo, ya que es de tipo grande y aplica prácticas de manejo. Su predio le genera ingresos importantes, por lo tanto no presiona el suelo.

Es un caso paradigmático. No obstante, dadas sus características particulares, es la excepción a la regla, incluso dentro de esta muestra sesgada hacia ganaderos grandes y medianos. Sin embargo, también prueba que un manejo eficiente se refleja en altos ingresos y lo más importante, que éstos son sustentables en el largo plazo porque los recursos se utilizan adecuadamente.

4.4.2 Dos resultados opuestos en el Ejido Aconchi

Las DMU 4 y 5 se localizan ambas en el Ejido Aconchi, ubicado al noreste de Hermosillo, en el centro del estado (véase mapa 8). Los dos son productores ejidales de tipo alto (más de 100 UA) pero el score de eficiencia de la DMU 4 en el modelo **DEACRSIOT** la sitúa en el lugar 18 de la muestra ($\theta^* = 0.562$ es decir debe reducir el uso de todos los inputs en 43.8%), mientras que la DMU 5 obtuvo un score de $\theta^* = 1$ y es la sexta más eficiente ¿cómo se explica esta diferencia?

El ganadero de la DMU tiene 57 años, estudió la secundaria, renta tierra para sembrar. Presentó saldo negativo en ingresos ya que gastó \$120,000 pesos en la compra de sementales de registro. Su ineficiencia puede deberse a una muy baja

tasa de parición de 44% y altas erogaciones en compra de forrajes. Podría esperarse que en el largo plazo mejore la tasa de parición por los sementales que compró

Aplica diez prácticas, está por arriba de la media, pero parece más interesado en mejorar la calidad de su hato que la del suelo ya que considera que ésta es buena para alimentar a su ganado, si bien notó reducción en la cantidad de agua y pastos y el crecimiento de plantas indeseables.

El ganadero de la DMU 5 es de los más jóvenes de la muestra, con 37 años, también estudió hasta la secundaria, pero en su caso los ingresos son positivos aunque sí gastó en mejoras para su rancho. Tiene mejor tasa de parición, de 56%.

Pero a diferencia del otro ejidatario, considera que la calidad del suelo es mala, es de los pocos que lo mencionó. Dijo que sí se presentan todos los problemas relacionados con el suelo, y piensa que además de la sequía, la falta de asesoría técnica y la erosión son problemas sustanciales.

Aunque no realiza rotación de potreros y no tiene obras de agua, puede suponerse que la DMU 5 se beneficia del PROGAN ejidal, porque mencionó explícitamente que se les ha dado apoyo para obras de reforestación y conoce bien el coeficiente de agostadero del ejido. Sabe que hay sobrecarga y que el estado del suelo no es bueno. Por eso contrasta con el ganadero anterior, ya que se interesa por su rancho y externó preocupación por la calidad de la tierra en el ejido.

En este caso podría decirse que el interés en las condiciones ambientales del ejido se relaciona con un mejor manejo de las variables de suelo y ganado. Mientras que la DMU 4 desea mejorar su predio pero presionando el suelo comunal.



Potreros del Ejido Salvador Alvarado, costa de Hermosillo, Sonora. julio de 2012

4.4.3 La DMU menos eficiente ¿exceso de recursos?

La DMU 7 que obtuvo el score de eficiencia más pequeño en el modelo **DEACRSIOT** se localiza en Álamos, al sur del estado (véase mapa 8) Debe reducir el uso de los inputs en 49.7% ($\theta^* = 0.503$) para obtener la misma cantidad de output.

Este ganadero tiene 45 años, estudió la licenciatura, y combina las actividades de ganadero y agricultor. Es de tipo alto, el tercero con mayor número de UA de la muestra y renta tierras para sembrar. Este caso contradice la hipótesis, ya que si bien es un ganadero grande que aparentemente hace un buen manejo de su rancho, no está entre los eficientes y ni entre los de mayores ganancias netas.

Una primera explicación de su ineficiencia es su baja tasa de parición de 50%. Otra es que a pesar de lo extenso de su rancho, no utiliza el 18.75% del mismo. Esto puede deberse a que en el sur del estado se presenta con frecuencia el problema del crecimiento de malezas y plantas indeseables. Este caso ejemplifica que, más que el tamaño del predio, es importante la calidad de la tierra, ya que es de los que mencionó que la erosión es un problema que lo ha afectado.

Conoce el coeficiente de agostadero y aplica once prácticas, por lo que está por arriba del promedio. Empero, para este rancho se recomendarían varias prácticas de manejo que mejoren su eficiencia. Por ejemplo, aunque este ganadero está inscrito en PROGAN, no cuenta con *buffel* ni otros pastos, la siembra de éstos

podría mejorar su productividad. Otra recomendación sería el destete precoz, ya que tiene recursos para la alimentación del hato.



Paisaje en los alrededores de Hermosillo, Sonora, julio de 2012.

Capítulo 5. Conclusiones

1. La ganadería es una actividad relevante en términos socioeconómicos, sin embargo también es una de las principales causas de presión sobre el medio ambiente. En particular, la ganadería bovina extensiva ha incidido en la degradación de suelos, lo que pone en entredicho su sustentabilidad en el largo plazo, porque se trata de un recurso estratégico no renovable que es indispensable para el desarrollo de la actividad.
2. Los resultados obtenidos de la pequeña muestra que se trabajó deben contemplarse como un estudio exploratorio, pudiéndose conseguir conclusiones más rotundas con una muestra de mayor tamaño. Si bien no permiten hacer inferencias estadísticas, son útiles porque se puede conocer con mayor detalle el funcionamiento de los diversos ranchos ganaderos, que a pesar de tratarse en su mayoría ganaderos de tipo alto, presentan una gran heterogeneidad en el manejo de sus ranchos.
3. Entre las motivaciones económicas para la sobrecarga animal en los agostaderos está la pobreza en el caso de los pequeños productores, mientras que para los grandes productores es la búsqueda de mayores ganancias. Pero en ambos casos no se percibe al suelo como un recurso finito. Los ganaderos entrevistados confirman esta cuestión, ya que sus principales preocupaciones son la sequía, la mejora de la calidad genética y el aumento de sus hatos y no se ocupan de las condiciones del agostadero.
4. Se confirmó la tendencia a la sobrecarga animal existente en Sonora, pues en todos los ranchos la disponibilidad de tierra por unidad animal (UA) es menor a la recomendada por los coeficientes de agostadero, a pesar de que el 61.9% de la muestra (13 ganaderos) dijeron que llevaban a cabo el ajuste de carga animal. Sin embargo, este coeficiente debe tomarse con cautela, ya que puede fluctuar debido a muchas causas, como la precipitación, la pendiente del terreno y la siembra de pastos.
5. En cuanto a las variables utilizadas para explicar la producción de becerros expresados en *kg*, se encontró que el ganado reproductivo y el gasto en

forrajes fueron significativos al nivel de 0.05. En contraste, la superficie de la unidad de producción pecuaria no fue estadísticamente significativa. Por lo tanto, el tamaño del predio no incide directamente en la producción de becerros, porque grandes extensiones pueden ser muy improductivas y viceversa. Asimismo, para la muestra se encontró que hay una relación inversa entre la eficiencia productiva y el número de problemas relacionados con la calidad del suelo. Entonces la calidad del agostadero es el factor clave, ya que tiene una relación directa con la productividad y su mal estado repercutirá en los ingresos de los ganaderos en el mediano y largo plazo, lo que concuerda con Ibarra Flores y colaboradores (2005; 2011)

6. En cuanto a los resultados de los modelos del Análisis Envolvente de datos (DEA) se encontró una eficiencia técnica promedio de $\theta^* = 0.802$, lo que implica que con una reducción simultánea de 19.8% de todos los inputs promedio se obtendría la misma cantidad de becerros en *kg*, por lo que hay un potencial para la mejora en los ranchos ineficientes, particularmente con la reducción de la superficie de la UPP.
7. El tipo de ganadero no es un determinante central, hay tanto ganaderos de tipo mediano como de tipo alto entre los más ineficientes y la escala de operación no es fuente principal de diferencia, de acuerdo con el contraste entre los modelos DEA con retornos variables a escala (**DEAVRSIOT**) y el modelo con retornos constantes (**DEACRSIOT**)
8. Con base en el análisis de segunda etapa en el que se relacionó la eficiencia técnica obtenida del modelo **DEACRSIOT** con las variables no discrecionales, se destaca que la superficie sembrada con zacate *buffel* es relevante, por lo que sería recomendable su siembra para elevar la productividad de los agostaderos, pero es necesario tomar en cuenta las consideraciones ecológicas particulares de cada rancho y la implementación de medidas para su mantenimiento, pues de lo contrario podría resultar contraproducente para la calidad del suelo.
9. Asimismo, no fue posible confirmar que un mayor número de prácticas ganaderas implica ranchos más eficientes, ya que algunos de los ganaderos

con mayor eficiencia técnica en comparación con las demás unidades de producción presionan fuertemente sus recursos, simultáneamente otras unidades consideradas ineficientes son las que implementan más acciones para mejorar la calidad del suelo de su predio y de su ganado, en el largo plazo las configuraciones de la eficiencia podrían cambiar. Se recomienda para futuros estudios incorporar varios periodos de tiempo. Asimismo es necesario incorporar la dimensión espacial, ya que puede ser otra variable no discrecional que influye en el desempeño de los ranchos, puesto que, aunque comparten las condiciones de aridez, éstas pueden variar sensiblemente de una localidad a otra.

10. En cuanto al gasto en las prácticas, gastaron más los ganaderos con ineficiencia técnica respecto a los eficientes, esto puede explicarse por la existencia de inversiones previas que están rindiendo su fruto en el periodo considerado, porque no hay interés de los eficientes en mejorar los predios y se presionan los recursos o porque los ineficientes están invirtiendo en sus ranchos para contrarrestar pérdidas en la productividad, porque perciben que hay problemas. Nuevamente se requiere de aumentar los periodos de estudio y mejorar el cuestionario para aclarar esta cuestión.
11. Hay un manejo del ganado, al menos *intuitivo*, pues la mayoría de los entrevistados hacen gastos en sanidad, suplementación mineral, practican la rotación de potreros y tienen al menos una obra de almacenamiento y/o conducción de agua. De forma análoga como sucede con el caso de la calidad del suelo, debe evaluarse la eficacia de las prácticas implementadas. En futuras investigaciones se recomienda mejorar el cuestionario con la inclusión de otros parámetros para determinar esa eficacia y complementarlo con estudios *in situ* que implicarían un equipo multidisciplinario para determinar el estado de los ranchos en términos biofísicos, lo cual estuvo fuera del alcance de esta investigación.
12. En cuanto al apoyo del gobierno, el número de cabezas inscritas en PROGAN no tuvo relación con la eficiencia técnica de las firmas. El monto de este apoyo podría ser insuficiente para cubrir los elevados costos de muchas

prácticas de manejo. No obstante, no debe soslayarse la importancia del PROGAN, porque al condicionar el uso de los recursos a las mejoras de los ranchos, ha servido para concientizar a los ganaderos sobre la necesidad de un manejo integral, además es un instrumento de gran relevancia para reducir la brecha de financiamiento existente para los ganaderos que desean mejorar sus predios.

13. Los gobiernos deben llevar a cabo acciones diferenciadas por tipo de ganadero, que en primera instancia permitan el reconocimiento del problema y posteriormente la adopción de prácticas más adecuadas para su solución. En el caso de la ganadería bovina sonoreense, algunas son relativamente sencillas de implementar aunque poco usadas, por ejemplo el establecimiento de una época de empadre, pero se deben acompañar de otras que pueden ser sumamente costosas, como lo la siembra de praderas de *buffel* y la rehabilitación de suelos. Por ello deben concentrarse los esfuerzos en que los ganaderos reconozcan la importancia de una carga animal acorde con la capacidad de sus predios y la asesoría técnica para hacer frente a los problemas relacionados con el manejo de sus ranchos y a las dificultades biofísicas como la sequía. La asesoría es otra variable clave, que deben colocarse como parte central de los apoyos a los ganaderos.

Anexo 1.

Cuestionario

Código del cuestionario: _____

CUESTIONARIO ANÁLISIS ECONÓMICO DE PRÁCTICAS DE MEJORAMIENTO DE SUELOS DE USO GANADERO BOVINO EXTENSIVO EN SONORA, MÉXICO

Este cuestionario ha sido elaborado en el marco de un **proyecto de investigación** que tiene como uno de sus propósitos determinar el costo de las prácticas de mejoramiento de suelos, las motivaciones y las características socioeconómicas de los ganaderos productores de ganado bovino en el estado de Sonora.

La información recabada tiene un carácter **anónimo** y será manejada **confidencialmente** únicamente con fines de investigación. Se le pide que proporcione sus respuestas con sinceridad, la mayor amplitud posible y precisión, cuando sea el caso.

PRIMERA PARTE

DATOS DEL PRODUCTOR O DUEÑO DE LA UNIDAD PECUARIA

A continuación se presentan una serie de preguntas relacionadas con el contexto educativo y social de las Unidades de Producción Pecuaria (UPP):

1. Edad: _____
2. Sexo
 - a. Masculino ()
 - b. Femenino ()
3. Último grado de estudios: _____
4. ¿A qué se dedica? (ocupación) _____
5. ¿Cuántos miembros de la familia dependen económicamente del productor? _____
6. Tiene familiares hijos y/o hermanos que hayan emigrado
 - a. Si ()
 - b. No () pasar a pregunta 9
7. Mencione si aportan recursos económicos para el sostenimiento del predio: _____
8. ¿Por qué razón migraron?

9. ¿Pertenece a alguna asociación ganadera?
 - a. Si () A cuál o cuáles: _____
 - b. No ()

SEGUNDA PARTE

INFORMACIÓN DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN PECUARIA

Las siguientes preguntas están relacionadas con la estructura de las Unidades de Producción Pecuaria (UPP):

Ubicación del predio

10. Localidad: _____

11. Municipio: _____

12. Superficie de la Unidad de Producción Pecuaria: _____ (Hectáreas)

	13. Privada	14. Ejidal	15. Comunal	16. Otro Cuál
Tipo de tenencia de la tierra	()	()	()	()

17. ¿Renta tierras?

a. Si () superficie: _____ (Has)

b. No () pasar a pregunta 19

18. A qué precio: _____ (\$/Has)

19. ¿Tiene tierras en arrendamiento?

a. Si () superficie: _____ (Has)

b. No () pasar pregunta 21

20. A qué precio: _____ (\$/Has)

21. ¿Cuántas cabezas de ganado tiene? _____

Indique el número de cabezas por tipo de animal:

22. Vientres: _____

23. Sementales : _____

24. Vaquillas (12-24 meses): _____

25. Novillos / toretes (mayores a 12 meses) : _____

26. Crías hembras (8 - 12 meses) : _____

27. Crías machos (8 - 12 meses) : _____

28. Becerros y becerras lactantes: _____

29. ¿Cuántas vacas parieron el año pasado? _____

¿Cuál es la principal finalidad de su rancho (finalidad zootécnica)?

30. () Carne

31. () Venta de becerros

32. () Ganado de registro o pie de cría

33. () Producción de leche y derivados

34. ¿Cuántas hectáreas de forrajes (siembra, rastrojos) tiene para sus animales? _____
35. ¿Tiene pradera introducida? _____ (Has)
36. ¿Tiene pradera natural? _____ (Has)
37. Tierras sin uso _____ (Has)

TERCERA PARTE

ESTRUCTURA DE INGRESOS Y COSTOS DEL PREDIO

En el año 2011:

38. ¿Cuántos vientres vendió? _____
39. ¿Cuál fue el precio por kilogramo? _____ (\$/ kg)
40. ¿Cuál fue el peso promedio del animal? _____ (Kg)
41. ¿Cuántos sementales vendió? _____
42. ¿Cuál fue el precio por kilogramo? _____ (\$/ kg)
43. ¿Cuál fue el peso promedio del animal? _____ (Kg)
44. ¿Cuántas vaquillas (12-24 meses) vendió? _____
45. ¿Cuál fue el precio por kilogramo? _____ (\$/ kg)
46. ¿Cuál fue el peso promedio del animal? _____ (Kg)
47. ¿Cuántos novillos/toretos (mayores a 12 meses) vendió? _____
48. ¿Cuál fue el precio por kilogramo? _____ (\$/ kg)
49. ¿Cuál fue el peso promedio del animal? _____ (Kg)
50. ¿Cuántas crías hembras (8 - 12 meses) vendió? _____
51. ¿Cuál fue el precio por kilogramo? _____ (\$/ kg)
52. ¿Cuál fue el peso promedio del animal? _____ (Kg)
53. ¿Cuántas crías machos (8 - 12 meses) vendió? _____
54. ¿Cuál fue el precio por kilogramo? _____ (\$/ kg)
55. ¿Cuál fue el peso promedio del animal? _____ (Kg)
56. ¿Cuántos Becerros y becerras lactantes vendió? _____
57. ¿Cuál fue el precio por kilogramo? _____ (\$/ kg)
58. ¿Cuál fue el peso promedio del animal? _____ (Kg)
59. ¿Vendió leche en 2011?
- a. Si ()
- b. No () pasar a pregunta 63
60. ¿Cuántos días en promedio duró la temporada de ordeño? _____
61. ¿Cuántos litros promedio por día dieron sus vacas? _____
62. ¿A qué precio promedio vendió la leche en 2011? _____ (\$/l)
63. ¿Vendió queso en 2011?

- a. Si ()
 - b. No () pasar a pregunta 67
64. ¿Cuántos quesos vendió al mes en promedio? _____
65. ¿Cuántos meses? _____
66. ¿A qué precio? _____
67. ¿Obtuvo otros ingresos fuera de la unidad de producción?
- a. Si ()
 - b. No ()
68. ¿De qué actividad? _____
69. Recibe apoyo de PROGAN:
- a. Si ()
 - b. No () pasar a pregunta 72
70. Número de cabezas registradas en el programa: _____
71. Monto del apoyo por cabeza: _____ (\$)
72. ¿Recibe apoyos (subsidios para semillas, etc.) de otra dependencia del gobierno?
- a. Si ()
 - b. No () pasar a pregunta 75
73. Monto del apoyo durante el 2011: _____ (\$)
74. ¿Qué dependencia de gobierno es?
- a. FONAES: _____
 - b. SEDESOL: _____
 - c. Secretaría de la Reforma Agraria: _____
 - d. Gobierno Estatal: _____
 - e. Otra (¿Cuál?): _____

Especifique el **gasto promedio por mes** en cada uno de los siguientes insumos durante el año 2011:

- 75. Forrajes y concentrados: _____ (\$)
- 76. Sal de bloque: _____ (\$)
- 77. Gasolina: _____ (\$)
- 78. Cuajo: _____ (\$)
- 79. Sal doméstica: _____ (\$)
- 80. Pagos y/o cuotas ejidales: _____ (\$)
- 81. Medicamentos: _____ (\$)
- 82. Vacunación: _____ (\$)
- 83. Compra de animales: _____ (\$)
- 84. Mejoramiento genético: _____ (\$)
- 85. Pago de sueldos y salarios a personas ajenas al predio: _____ (\$)
- 86. Costos de electricidad y agua: _____ (\$)
- 87. Gastos financieros en caso de haber préstamos: _____ (\$)

88. Construcción de bebederos y comederos: _____ (\$)

89. Construcción de cercas y establos: _____ (\$)

Si hubo actividad agrícola dentro de su predio en 2011:

90. ¿Aproximadamente cuál fue su costo de producción agrícola?: _____ (\$)

CUARTA PARTE

PRACTICAS GANADERAS Y PERCEPCION DE LA ACTIVIDAD

Señale cuáles de las siguientes actividades se aplican en su predio:	Si	No	Gasto anual
91. La siembra de pastos buffel			
93. La siembra de pastos nativos			
95. Asociación de cultivos forrajeros			
97. Reforestación (sembrar árboles de sombra, suculentas, arbustos, herbáceas, etc.)			
99. Subsoleo y otras técnicas de descompactación del suelo			
101. Control de malezas con métodos químicos (herbicidas)			
103. Control de malezas con métodos físicos (desvarado, quema)			
105. Obras de almacenamiento del agua (presas, pozos, represos)			
107. Líneas de conducción del agua y abrevaderos			
109. Cercado			
111. Cortinas rompevientos			
113. Terrazas, presas filtrantes, zanjas de infiltración			
115. Rotación de potreros			
117. Ajuste de carga animal			
119. Prevención de enfermedades			
121. Suplementación alimenticia			
123. Destete precoz			
125. Identificación SINIIGA			
127. Empadre			

128. ¿Ha tenido dificultades para la aplicación de estas actividades a su predio?

a. Si ()

b. No ()

129. ¿Hay interés en aplicar alguna de estas actividades no utilizadas actualmente?

a. Si ()

b. No ()

130. ¿Por qué no han sido implementadas (cuáles son los obstáculos)? _____

131. ¿Conoce el coeficiente de agostadero de su predio?

- a. Si ()
- b. No () pasar a pregunta 134

132. Si lo conoce especifique(Ha/UA) _____

133. Fecha de cálculo del coeficiente (año): _____

134. ¿Considera que la calidad del suelo en su predio es adecuada para la alimentación de su hato?

- a. Si ()
- b. No ()

¿Cuáles de los siguientes problemas se han presentado en su predio en los últimos 5 años?

135. Escasez de agua para el ganado: _____

136. Reducción de la cantidad de pasto: _____

137. Erosión del suelo: _____

138. Formación de surcos y cárcavas: _____

139. Crecimiento de plantas indeseables: _____

140. Compactación/ encostramiento del suelo: _____

141. ¿Cuenta con asesoría técnica para resolver estos y otros problemas relacionados?

- a. Si ()
- b. No ()

142. Especifique la institución o las personas que le otorgan asesoría técnica: _____

Mencione qué tanto le afectan los siguientes problemas:

	Nada	Poco	Algo	Mucho	Bastante
143. Sequía					
144. Comercialización					
145. Precios del ganado					
146. Erosión del suelo					
147. Falta de asesoría técnica					

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

}

Anexo 2.

**Los modelos DEA y los modelos
de segunda etapa.**

Tabla A1. Tipo de ganadero con base en el número de UA y parición							
DMU	Tipo de ganadero	UA Total	Vientres	Sementales	Vaquillas	Becerras	Parición %
1	medio bajo	48.5	40	2.5	6	0	50.00
2	alto ³⁴	137.6	90	7.5	18	22.1	77.78
3	medio alto	93.3	68	5	6	14.3	67.65
4	alto	143.75	96	7.5	24	16.25	43.75
5	alto	129.5	80	5	12	32.5	56.25
6	medio bajo	30.8	20	2.5	3.75	4.55	50.00
7	alto ³⁵	424.25	300	18.75	60	45.5	50.00
8	alto ^{*+}	607.5	400	67.5	75	65	80.00
9	alto	194.75	120	13.75	18.75	42.25	70.83
10	alto ⁺	350.25	220	22.5	52.5	55.25	70.00
11	alto ^{*+}	253	150	18.75	22.5	61.75	80.00
12	alto	234	150	12.5	0	71.5	73.33
13	poquitero	26.1	18	0	2.25	5.85	50.00
14	medio alto	65.8	35	2.5	7.5	20.8	74.29
15	alto [*]	116.15	50	2.5	33.75	29.9	90.00
16	alto ⁺	501.75	280	25	135	61.75	67.50
17	alto [*]	225.75	150	10	30	35.75	80.00
18	alto	155.5	100	11.25	15	29.25	70.00
19	alto ^{*+}	464.5	300	37.5	75	52	83.33
20	poquitero	19.7	15	1.25	1.5	1.95	46.67
21	alto	101.3	60	8.75	15	17.55	61.67

Elaboración propia con base en los resultados de la encuesta

³⁴ La tasa de parición se refiere al número de vientres que tuvieron una cría en el año entre el número total de vientres. Las DMU con * tienen una tasa de parición mayor al 75%, que es la mínima recomendada.

³⁵ Estas DMU tienen más de 250 cabezas, que serían las DMU más grandes y netamente empresariales.

Tabla A2. Relaciones insumos-producto de las variables del modelo DEA				
DMU	output/ganado	output/supuppn	output/forrentcuot	output/psal
1	84.71	9.00	2.25	36.00
2	102.05	28.43	0.12	0.21
3	83.67	7.47	12.22	0.13
4	40.70	7.17	0.18	0.47
5	74.12	11.37	0.52	63.00
6	64.00	3.81	0.10	14.40
7	45.17	2.22	0.30	0.09
8	77.01	9.00	0.24	0.33
9	59.81	24.62	0.11	0.17
10	77.94	6.30	0.12	0.32
11	88.63	5.98	0.21	0.21
12	66.46	6.00	0.10	0.15
13	71.11	4.09	0.10	1.07
14	54.40	34.00	0.06	0.04
15	72.29	50.60	0.02	0.06
16	53.61	7.43	0.14	0.14
17	117.19	7.50	0.15	0.52
18	53.46	9.92	0.08	0.11
19	17.78	0.97	12.00	0.08
20	57.67	22.54	0.02	0.02
21	43.31	12.88	0.07	0.08
Promedio	43.53	8.41	0.90	3.64
Desv std	14.57	8.05	2.34	10.09

Tabla A.3. Estadísticas descriptivas de las variables de los modelos DEACRSIOT, DEAVRSIOT y DEACRSIOTP

outputb				
Percentiles	Smallest			
1%	940	940		
5%	1280	1280		
10%	1440	1440	Obs	21
25%	3600	2040	Sum of Wgt.	21
50%	6108		Mean	9178.81
75%	14400	Largest	Std. Dev.	8440.315
90%	18750	16350	Variance	7.12e+07
95%	18900	18750	Skewness	1.628278
99%	36000	18900	Kurtosis	5.77538
		36000		
outputby				
Percentiles	Smallest			
1%	28700	28700		
5%	37120	37120		
10%	43200	43200	Obs	21
25%	121440	65280	Sum of Wgt.	21
50%	189000		Mean	309553
75%	432000	Largest	Std. Dev.	321769.7
90%	599400	562320	Variance	1.04e+11
95%	614600	599400	Skewness	2.17309
99%	1440000	614600	Kurtosis	8.235795
		1440000		
ganado				
Percentiles	Smallest			
1%	16.3	16.3		
5%	18	18		
10%	22.5	22.5	Obs	21
25%	52.5	37.5	Sum of Wgt.	21
50%	103.5		Mean	144.0357
75%	168.8	Largest	Std. Dev.	123.6127
90%	318.8	305	Variance	15280.11
95%	337.5	318.8	Skewness	1.125031
99%	467.5	337.5	Kurtosis	3.410427
		467.5		
supuppn				
Percentiles	Smallest			
1%	41.7	41.7		
5%	60	60		
10%	75	75	Obs	21
25%	325	231.3	Sum of Wgt.	21
50%	587.3		Mean	1592.071
75%	2500	Largest	Std. Dev.	1941.856
90%	4000	3000	Variance	3770803
95%	6200	4000	Skewness	1.456161
99%	6500	6200	Kurtosis	4.081609
		6500		
forrentcuot				
Percentiles	Smallest			
1%	500	500		
5%	500	500		
10%	1600	1600	Obs	21
25%	15000	12050	Sum of Wgt.	21
50%	48000		Mean	64326.43
75%	104000	Largest	Std. Dev.	54323.44
90%	150000	126000	Variance	2.95e+09
95%	160000	150000	Skewness	.5286232
99%	162800	160000	Kurtosis	2.003322
		162800		
psal				
Percentiles	Smallest			
1%	100	100		
5%	100	100		
10%	100	100	Obs	21
25%	36000	1200	Sum of Wgt.	21
50%	48000		Mean	52380.95
75%	71100	Largest	Std. Dev.	42233.39
90%	108000	72000	Variance	1.78e+09
95%	120000	108000	Skewness	.948436
99%	168000	120000	Kurtosis	4.002877
		168000		

Tabla A.4. Correlaciones y regresión lineal por MCO de las variables de los modelos DEACRSIOT, DEAVRSIOT y DEACRSIOTP

```
. spearman outputb outputby ganado supuppn forrentcuot psal, stats (rho p)
(obs=21)
```

Key
<i>rho</i>
<i>Sig. level</i>

	outputb	outputby	ganado	supuppn	forren~t	psal
outputb	1.0000					
outputby	0.9779 0.0000	1.0000				
ganado	0.8688 0.0000	0.8636 0.0000	1.0000			
supuppn	0.7808 0.0000	0.8366 0.0000	0.8821 0.0000	1.0000		
forrentcuot	0.5828 0.0056	0.5055 0.0194	0.4087 0.0658	0.1726 0.4544	1.0000	
psal	0.6221 0.0026	0.6175 0.0029	0.7716 0.0000	0.5955 0.0044	0.5134 0.0173	1.0000

```
. regres outputb ganado supuppn forrentcuot psal
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	21
Model	1.1837e+09	4	295922065	F(4, 16) =	19.64
Residual	241090142	16	15068133.9	Prob > F =	0.0000
Total	1.4248e+09	20	71238920.2	R-squared =	0.8308
				Adj R-squared =	0.7885
				Root MSE =	3881.8

outputb	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
ganado	65.78404	16.85874	3.90	0.001	30.04511 101.523
supuppn	-.7785807	1.021725	-0.76	0.457	-2.944541 1.38738
forrentcuot	.054811	.0210953	2.60	0.019	.0100909 .0995311
psal	-.0345492	.0347504	-0.99	0.335	-.1082167 .0391183
_cons	-772.9628	1516.767	-0.51	0.617	-3988.365 2442.44

```
. estat hettest
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance
Variables: fitted values of outputb

chi2(1) = 2.73
Prob > chi2 = 0.0987

```
. estat ovtest
```

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of outputb

Ho: model has no omitted variables
F(3, 13) = 1.30
Prob > F = 0.3176

Correctamente especificado y errores homoscedásticos

Tabla A.5 Resultados del modelo DEACRSIOT

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = deabins.txt

Data file = deab.txt

Input orientated DEA

Scale assumption: CRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

Porcentaje de reducción de inputs (tarjets)

firm	te	ganado	supuppn	forrentcuot	psal
1	1.000	0%	0%	0%	0%
2	1.000	0%	0%	0%	0%
3	1.000	0%	0%	0%	0%
4	0.562	48%	44%	44%	58%
5	1.000	0%	0%	0%	0%
6	0.753	25%	58%	95%	25%
7	0.503	50%	71%	50%	50%
8	0.833	17%	17%	17%	46%
9	0.915	41%	9%	9%	23%
10	0.718	28%	28%	28%	33%
11	0.876	12%	20%	12%	12%
12	0.626	37%	37%	37%	64%
13	0.756	24%	51%	73%	24%
14	1.000	0%	0%	0%	0%
15	1.000	0%	0%	0%	0%
16	0.576	0%	0%	0%	0%
17	1.000	42%	42%	42%	69%
18	0.540	0%	0%	0%	0%
19	0.982	46%	46%	46%	58%
20	0.656	79%	87%	2%	35%
21	0.540	34%	34%	51%	80%
mean	0.802	56%	46%	46%	65%
		36%	46%	26%	41%

Tabla A.6 Resultados del modelo DEAVRSIOT

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = deabvins.txt

Data file = deab.txt

Input orientated DEA

Scale assumption: VRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

Porcentaje de reducción de inputs (tarjets)

firm	crste	vrste	scale	ganado	supuppn	forrentcuot	psal
				0%	0%	0%	0%
1	1.000	1.000	1.000 -	0%	0%	0%	0%
2	1.000	1.000	1.000 -	0%	0%	0%	0%
3	1.000	1.000	1.000 -	54%	34%	53%	34%
4	0.562	0.660	0.851 irs	0%	0%	0%	0%
5	1.000	1.000	1.000 -	0%	0%	0%	0%
6	0.753	1.000	0.753 irs	43%	74%	13%	62%
7	0.503	0.874	0.575 drs	0%	0%	0%	0%
8	0.833	1.000	0.833 drs	0%	0%	0%	0%
9	0.915	0.945	0.968 irs	39%	6%	6%	10%
10	0.718	0.753	0.953 drs	25%	25%	26%	25%
11	0.876	0.956	0.916 drs	4%	25%	4%	27%
12	0.626	0.628	0.997 drs	37%	37%	37%	51%
13	0.756	1.000	0.756 irs	0%	0%	0%	0%
14	1.000	1.000	1.000 -	0%	0%	0%	0%
15	1.000	1.000	1.000 -	0%	0%	0%	0%
16	0.576	0.665	0.866 drs	0%	0%	0%	0%
17	1.000	1.000	1.000 -	34%	33%	33%	58%
18	0.540	0.559	0.965 irs	0%	0%	0%	0%
19	0.982	1.000	0.982 irs	44%	44%	44%	53%
20	0.656	1.000	0.656 irs	78%	87%	0%	33%
21	0.540	0.836	0.647 irs	0%	0%	0%	0%
mean	0.802	0.899	0.891	48%	16%	16%	16%

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA

vrste = technical efficiency from VRS DEA

scale = scale efficiency = crste/vrste

Tabla A.7 Resultados del modelo DEACRSIOTP

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = deacins.txt

Data file = deac.txt

Input orientated DEA

Scale assumption: CRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

Porcentaje de reducción de inputs (tarjets)

firm	te	ganado	supuppn	forrentcuot	psal
1	1.000	0%	0%	0%	0%
2	1.000	0%	0%	0%	0%
3	1.000	0%	0%	0%	0%
4	0.570	51%	43%	43%	43%
5	1.000	0%	0%	0%	0%
6	0.646	35%	64%	96%	35%
7	0.387	61%	78%	61%	61%
8	0.947	5%	5%	5%	5%
9	0.518	67%	48%	48%	54%
10	0.680	32%	32%	32%	32%
11	0.909	9%	17%	9%	9%
12	0.543	46%	46%	46%	51%
13	0.641	36%	59%	77%	36%
14	0.992	44%	1%	1%	69%
15	1.000	0%	0%	0%	0%
16	0.507	49%	49%	49%	49%
17	1.000	0%	0%	0%	0%
18	0.429	0%	0%	0%	0%
19	0.945	57%	57%	57%	57%
20	0.598	80%	88%	6%	37%
21	0.552	40%	40%	55%	82%
mean	0.755	57%	45%	45%	58%

Tabla A.8 Correlaciones entre las variables de los modelos de segunda etapa, la variable dependiente theta, las variables de manejo individual y las independientes

```
. spearman theta outputb siembuff ascuforr Reforest Subsoleo Comalez Alagpozr abrevad Cercado Rotpotr Ajcarga Prev
> enf suplalim Destprec Empadre concoefpond siasetec, stats (rho p)
(obs=21)
```

Key
<i>rho</i>
<i>Sig. level</i>

	theta	outputb	siembuff	ascuforr	Reforest	Subsoleo	Comalez	Alagpozr	abrevad	Cercado	Rotpotr
theta	1.0000										
outputb	-0.0079 0.9727	1.0000									
siembuff	0.1275 0.5818	-0.2169 0.3450	1.0000								
ascuforr	0.3482 0.1220	0.0000 1.0000	0.2041 0.3748	1.0000							
Reforest	0.0204 0.9300	0.1202 0.6039	0.0857 0.7117	-0.1750 0.4479	1.0000						
Subsoleo	-0.1153 0.6187	0.1393 0.5471	0.4472 0.0421	0.0913 0.6939	0.2301 0.3157	1.0000					
Comalez	0.2040 0.3751	0.3336 0.1394	0.0714 0.7583	0.2041 0.3748	-0.0857 0.7117	-0.2236 0.3299	1.0000				
Alagpozr	0.0470 0.8396	0.2400 0.2946	0.0791 0.7334	-0.4196 0.0583	-0.0136 0.9535	0.3536 0.1159	0.1581 0.4936	1.0000			
abrevad	-0.1685 0.4654	0.2677 0.2407	0.0674 0.7715	-0.0550 0.8127	0.2659 0.2439	0.0302 0.8968	0.1348 0.5601	0.0853 0.7132	1.0000		
Cercado	0.1718 0.4566	0.0899 0.6984	0.2887 0.2044	0.3536 0.1159	0.1980 0.3895	-0.0430 0.8531	0.0000 1.0000	-0.2282 0.3197	0.1168 0.6142	1.0000	
Rotpotr	0.0802 0.7298	0.2922 0.1988	-0.2887 0.2044	0.0786 0.7350	-0.1485 0.5205	-0.0430 0.8531	0.0000 1.0000	0.0913 0.6939	0.3892 0.0811	0.2222 0.3330	1.0000
Ajcarga	-0.0660 0.7762	0.3563 0.1129	-0.1387 0.5489	0.0849 0.7144	0.1308 0.5720	0.0620 0.7894	0.1387 0.5489	0.2522 0.2702	0.1589 0.4914	0.2402 0.2943	0.5204 0.0156
Prevenf	0.0573 0.8053	0.4495 0.0409	0.0000 1.0000	0.3536 0.1159	0.1980 0.3895	-0.0430 0.8531	0.2887 0.2044	0.0913 0.6939	0.3892 0.0811	0.6111 0.0032	0.2222 0.3330
suplalim	-0.2245 0.3279	0.4406 0.0456	0.1715 0.4573	0.1750 0.4479	0.2353 0.3045	0.3068 0.1762	0.3430 0.1280	0.2983 0.1891	0.4625 0.0348	0.1485 0.5205	0.1485 0.5205
Destprec	-0.0204 0.9300	0.5207 0.0155	0.3430 0.1280	0.0700 0.7630	0.0735 0.7514	0.4985 0.0214	-0.0857 0.7117	0.2712 0.2345	0.0231 0.9207	0.1980 0.3895	0.1980 0.3895
Empadre	-0.3135 0.1663	0.4048 0.0687	-0.2774 0.2235	-0.2831 0.2137	0.1189 0.6077	-0.2791 0.2205	0.0693 0.7652	-0.2522 0.2702	0.2337 0.3079	0.0400 0.8632	0.3203 0.1570
concoefpond	-0.0075 0.9742	0.1003 0.6653	0.0901 0.6977	0.1888 0.4124	0.2055 0.3715	0.1880 0.4144	0.4595 0.0361	0.1197 0.6054	-0.0680 0.7695	0.1699 0.4615	-0.4005 0.0720
siasetec	-0.4210 0.0573	-0.0953 0.6810	0.0000 1.0000	-0.0278 0.9049	0.1750 0.4479	0.3347 0.1380	-0.2041 0.3748	0.1936 0.4003	0.0550 0.8127	-0.0786 0.7350	-0.0786 0.7350

	Ajcarga	Prevenf	suplalim	Destprec	Empadre	concoe~d	Siasetec
Ajcarga	1.0000						
Prevenf	0.5204 0.0156	1.0000					
suplalim	0.3686 0.1001	0.4951 0.0225	1.0000				
Destprec	0.3805 0.0888	0.1980 0.3895	0.2353 0.3045	1.0000			
Empadre	0.4135 0.0625	0.0400 0.8632	-0.1189 0.6077	0.1189 0.6077	1.0000		
concoefpond	-0.0437 0.8507	0.1699 0.4615	0.3028 0.1821	-0.1298 0.5750	-0.2186 0.3410	1.0000	
Siasetec	-0.0849 0.7144	-0.0786 0.7350	0.0700 0.7630	-0.0700 0.7630	-0.1132 0.6251	0.2146 0.3503	1.0000

. spearman theta outputb outputbc progangan calsuelo indprac gastoindpracmp suppradb edad educ ocup, stats (rho p >) (obs=21)

Key
rho
Sig. level

	theta	outputb	outputbc	progangan	calsuelo	indprac	gastoi~p	suppradb	edad	educ	ocup
theta	1.0000										
outputb	-0.0079 0.9727	1.0000									
outputbc	0.0258 0.9116	0.9779 0.0000	1.0000								
progangan	-0.2417 0.2912	0.4990 0.0213	0.4830 0.0266	1.0000							
calsuelo	-0.5456 0.0105	0.2429 0.2887	0.2804 0.2183	0.5043 0.0197	1.0000						
indprac	-0.0280 0.9040	0.4879 0.0248	0.4669 0.0328	0.4784 0.0283	0.1060 0.6476	1.0000					
gastoindpr~p	-0.2528 0.2689	0.5727 0.0067	0.4896 0.0243	0.4883 0.0247	0.0622 0.7887	0.4152 0.0612	1.0000				
suppradb	0.3168 0.1617	0.2020 0.3799	0.2520 0.2705	-0.0017 0.9942	-0.0959 0.6791	0.3016 0.1840	0.0592 0.7987	1.0000			
edad	0.0454 0.8451	-0.6374 0.0019	-0.6205 0.0027	-0.2088 0.3638	-0.1937 0.4001	-0.1810 0.4322	-0.2302 0.3153	-0.1160 0.6166	1.0000		
educ	0.0312 0.8932	0.1581 0.4936	0.2497 0.2751	-0.0668 0.7736	-0.0003 0.9988	0.3017 0.1838	-0.0316 0.8917	0.1633 0.4794	-0.0081 0.9722	1.0000	
ocup	-0.0050 0.9828	-0.1767 0.4434	-0.1536 0.5062	-0.1963 0.3938	0.0051 0.9826	0.0262 0.9103	0.1101 0.6347	-0.0352 0.8797	0.3330 0.1402	0.5288 0.0137	1.0000

Tabla A.9 Regresión lineal con errores robustos con theta variable dependiente y las no discretionales independientes

. regres theta progangan calsuelo indprac gastoindpracmp suppradb, vce(robust)

Linear regression

Number of obs = 21
F(5, 15) = 6.56
Prob > F = 0.0020
R-squared = 0.4649
Root MSE = .16086

theta	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
progangan	-.0003073	.0002784	-1.10	0.287	-.0009007 .0002861
calsuelo	-.0719641	.0251327	-2.86	0.012	-.1255332 -.018395
indprac	.0084021	.0128303	0.65	0.522	-.018945 .0357492
gastoindpr~p	-.0005976	.0001914	-3.12	0.007	-.0010057 -.0001896
suppradb	.0001628	.0000511	3.18	0.006	.0000538 .0002718
_cons	1.188362	.1706379	6.96	0.000	.8246554 1.552068

Bibliografía

Abruzzi, W. S., 1995. The Social and Ecological Consequences of Early Cattle Ranching in the Little Colorado River Basin. *Human Ecology*, 23(1), pp. 75-98.

Andablo Reyes, A. & Camou Healy, E., 2001. Estrategias de subsistencia entre campesinos ganaderos. Evaluación económica de un rancho ejidal en la sierra de Sonora.. *Estudios Agrarios*, Issue 16, pp. 67-102.

Andablo Reyes, A. d. C., 1999. *Subsistencia de una región ganadera. Los campesinos de Mátape*. Hermosillo, Sonora: Tesis de Maestría en Estudios Regionales, El Colegio de Sonora.

Balling, R. C. y otros, 1998. Impacts of Land degradation on historical temperature from the Sonoran Desert. *Climatic Change*, Issue 40, pp. 669-681.

Banker, R. & Natarajan, R., 2008. Evaluating Contextual Variables Affecting Productivity Using Data Envelopment Analysis. *Operations Research*, 56(1), pp. 1-33.

Barr, R. S., 2004. DEA software tools and technology. En: W. W. Cooper, L. M. Seiford & J. Zhu, edits. *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Estados Unidos de América: Kluwer Academic Publishers , pp. 539-566.

Bautista Zúñiga, F. & Estrada Medina, H., 1998. Conservación y manejo de suelos. *Ciencias*, Issue 50, pp. 50-55.

Borrayo López, R. & Castañeda A., J. M., 2008. Enfoque estructural de problemas económico-ambientales a nivel regional: un caso de estudio para la región centro de México. En: M. L. Quintero Soto & C. Fonseca Hernández, edits. *Desarrollo sustentable. Aplicaciones e indicadores*. México: Porrúa, Cámara de Diputados LX Legislatura, pp. 325-387.

Bravo Peña, L. C., 2009. *Ganadería y Cambios de la Cubierta Vegetal en la Región Central de Sonora. Impactos sobre el Paisaje y Vulnerabilidad de los Productores Pecuarios en el Contexto del Cambio Climático*. Hermosillo, Sonora: Tesis Doctoral. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

Bravo Peña, L. C., Castellanos Villegas, A. E. & Doode Matsumoto, O. S., 2010. Sequía agropecuaria y vulnerabilidad en el centro oriente de Sonora. Un caso de estudio enfocado a la actividad ganadera de producción y exportación de becerros. *Estudios Sociales*, 18(35), pp. 209-241.

Bravo Peña, L. C., Doode Matsumoto, O. S., Castellanos Villegas, A. E. & Espejel Carbajal, I., 2010. Políticas rurales y pérdida de cobertura vegetal. Elementos para reformular instrumentos de fomento agropecuario relacionados con la apertura de praderas ganaderas en el noroeste de México. *Región y Sociedad*, XXII(48), pp. 3-35.

- Brázdik, F., 2006. *Non-Parametric Analysis of Technical Efficiency: Factors Affecting Efficiency of West Java Rice Farms*. [En línea]
Available at: [falta agregar esto!](#)
[Último acceso: 18 marzo 2013].
- Bryant, N. A. y otros, 1990. Measuring the effect of overgrazing in the Sonoran Desert. *Climatic Change*, Issue 17, pp. 243-264.
- Cameron, A. C. & Trivedi, P. K., 2009. *Microeconometrics Using Stata*. Estados Unidos de América: Stata Press.
- Camou Healy, E., 1998. *De rancheros, poquiteros, orejanos y criollos. Los productores ganaderos de Sonora y el mercado internacional*. s.l.:Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. El Colegio de Michoacán.
- Chapelle, K. & Plane, P., 2005. Productive Efficiency in the Ivorian Manufacturing Sector: an Exploratory Study Using a Data Envelopment Analysis Approach. *The Developing Economies*, XLIII(4), pp. 450-471.
- Chauvet, M., 1999. *La Ganadería Bovina de Carne en México: Del Auge a la Crisis*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco.
- Chediak P., F. & Valencia A., L. S., 2008. Metodología para medir la eficiencia mediante la técnica del análisis envolvente de datos -DEA-. *Vector*, Volumen 3, pp. 70-81.
- Coelli, T. J., 1996. *A guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program*. [En línea]
Available at: <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.php>
[Último acceso: 13 Agosto 2012].
- CONEVAL, Universidad Autónoma Chapingo, 2006. *Evaluación Externa del Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera (PROGAN)*. [En línea]
Available at: <http://sistemas.coneval.gob.mx/evaluaciones/servlet/svt.SvtLoadFile>
[Último acceso: 10 junio 2013].
- Congreso del Estado de Sonora, 2005. *Ley de Ganadería para el Estado de Sonora*. [En línea]
Available at: www2.scjn.gob.mx/LegislacionEstatal/Textos/Sonora/46784001.doc
[Último acceso: 25 Enero 2013].
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Tone, K., 2002. *Data Envelopment Analysis. A comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver Software*. s.l.:Kluwer Academic Publishers.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Zhu, J., 2004. *Handbook on Data Envelopment Analysis*. United States of America: Kluwer Academic Publishers.

COTECOCA, 1974. *Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana. Estado de Sonora.* Hermosillo, Sonora: Secretaría de Agricultura y Ganadería.

Cotler, H., López, C. A. & Martínez Trinidad, S., 2011. ¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México. *Investigación Ambiental*, 3(2), pp. 31-43.

Denogean B., F. G. y otros, 2012. La precipitación pluvial y la producción bovina en Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 31(XVI), pp. 146-153.

Dios Palomares, R., Martínez Paz, J. M. & Martínez-Carrasco Pleite, F., 2006. El análisis de eficiencia con variables de entorno: un método de programas con tres etapas. *Estudios de Economía Aplicada*, 24(1), pp. 477-497.

FAO, 2013. *Gran potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería.* [En línea]

Available at: <http://www.fao.org/news/story/es/item/198166/icode/>
[Último acceso: 20 noviembre 2013].

Feder, E., 1982. Vacas flacas, ganaderos gordos: Las ramificaciones internacionales de la industria del ganado vacuno en México. En: *El desarrollo agroindustrial y la ganadería en México.* México: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Documentos de trabajo para el Desarrollo Agroindustrial No.8, pp. 241-361.

Franklin, K. A. y otros, 2006. Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) land conversion and productivity in the plains of Sonora, Mexico. *Biological Conservation*, Issue 127, pp. 62-71.

Fundación Produce Sonora, COFUPRO, 2002. *Proyecto estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología en el estado de Sonora.* [En línea]

Available at: <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit67.pdf>
[Último acceso: 25 Abril 2012].

Hardin, G., 1968. *The Tragedy of Commons, Science, volumen 162, pp. 1243-1248.* [En línea]

Available at: <http://www.eumed.net/cursecon/textos/hardin-tragedia.htm>
[Último acceso: 26 octubre 2012].

Hernández Moreno, M. d. C. & Ulloa Méndez, A. A., 2000. Intermediarismo: ¿un mal necesario? Las paradojas de la integración de los productores rurales al mercado internacional de bovinos. *Estudios Agrarios*, Issue 14.

Hoang, V.-N. & Alauddin, M., 2012. Input-Orientated Data Envelopment Analysis Framework for Measuring and Decomposing Economic, Environmental and Ecological Efficiency: An Application to OECD Agriculture. *Environmental & Resource Economics*, 51(3), pp. 431-452.

Ibarra Flores, F., Martín Rivera, M. H. & Ramírez Moreno, F., 2004. El subsoleo como práctica de rehabilitación de praderas de zacate buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. *Técnica Pecuaria en México*, 42(1), pp. 1-16.

Ibarra Flores, F. y otros, 2011. El destete precoz como una herramienta para incrementar la rentabilidad en los ranchos ganaderos de Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 28(enero-junio), pp. 531-542.

Ibarra Flores, F. y otros, 2005. La siembra de zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora. *Técnica Pecuaria en México*, INIFAP, 43(002), pp. 173-183.

INE, 1998. *Reporte del estado ambiental y de los recursos naturales en la Frontera Norte de México. Capítulo 7 El Suelo*. [En línea]

Available at: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/109/cap7.html>

[Último acceso: 21 enero 2013].

INEGI, 2007. *Núcleos agrarios. Tabulado básico por municipio, 1992-2006. PROCEDE Sonora*. [En línea]

[Último acceso: 3 junio 2013].

INEGI, 2011. *Anuario de estadísticas por entidad federativa, 2010*. [En línea]

Available at:

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aep ef/2010/Aep ef2010.pdf

[Último acceso: 15 marzo 2012].

INEGI, 2011. *Perspectiva estadística Sonora*. [En línea]

Available at:

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/perspectivas/perspectiva-son.pdf>

[Último acceso: 3 Junio 2013].

INIFAP, 2003. *Capacidad de carga en praderas de zacate buffel en Sonora*. [En línea]

Available at:

<http://www.utep.inifap.gob.mx/tecnologias/9.%20Forrajes%20y%20pastizales/CAPACIDAD%20DE%20CARGA%20EN%20PRADERAS%20DE%20ZACATE%20BUFFEL%20EN%20SONORA.pdf>

[Último acceso: 30 mayo 2012].

Ji, Y.-b. & Lee, C., 2010. *Data Envelopment Analysis in Stata*. [En línea]

Available at: <http://superb-dca2.dl.sourceforge.net/project/deas/dea/dea%20in%20stata.pdf>

[Último acceso: 18 marzo 2013].

Kuosmanen, T. & Kortelainen, M., 2004. *Data Envelopment Analysis in Environmental Valuation: Environmental Performance, Eco-Efficiency and Cost-Benefit Analysis*. [En línea]

Available at: <http://128.118.178.162/eps/othr/papers/0409/0409004.pdf>

[Último acceso: 24 Octubre 2013].

López Reyes, M., 1999. *Procesos de desertificación en Sonora: El problema de la erosión en los agostaderos*. Hermosillo(Sonora): Tesis de Maestría, El Colegio de Sonora.

López Reyes, M., 2006. Elementos para el diseño de una política de uso sustentable de las tierras ganaderas de Sonora. *Estudios Sociales*, 14(27), pp. 137-157.

López Reyes, M., Solís Garza, G., Murrieta Saldívar, J. & López Estudillo, R., 2010. Percepción de los ganaderos respecto a la sequía. Viabilidad de un manejo de los agostaderos que prevenga sus efectos negativos. *Estudios Sociales. Número especial*, pp. 221-241.

Lumley, S., 2002. *Sustainability and degradation in less developed countries: immolating the future?*. s.l.:Ashgate.

Martín Rivera, M. H., Ibarra Flores, F., Encinas Blanco, A. & Pérez Pesqueira, S., 2003. *Recomendaciones para el mejoramiento forrajero de los agostaderos de Sonora, mediante técnicas de rehabilitación y manejo. Folletos informativos.*, Hermosillo, Sonora: FPS, UGRS, PATROCIPES, INIFAP.

Martín-Rivera, M. y otros, 2001. Habitat Improvement for Wildlife in North-Centran Sonora, México. *USDA Forest Service Proceedings RMRS*, Issue P-21, pp. 356-360.

Maytorena Quintero, F. J. y otros, 2008. *Emisiones de gases de efecto invernadero en Sonora y proyecciones de casos de referencia, 1990-2020*. [En línea]

Available at: http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/peacc/descargas/son_igei_2005.pdf

[Último acceso: 25 Noviembre 2013].

McDonagh, J. (., 2007. *Manual de Evaluación Local de la Degradación de Tierras Áridas (LADA-L)*, s.l.: LADA, UNEP, FAO, WOCAT, Global Environment Facility, United Nations University.

Miranda Zarazúa, H., Martín Rivera, M. H. & Ibarra Flores, F. A., 2004. *Las praderas de zacate buffel del sur del Estado*. Hermosillo, Sonora: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo experimental Carbó.

Morales, C., 2005. *Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales*. Primera ed. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Morales, C., 2012. *Los costos de la inacción ante la desertificación y degradación de las tierras, en escenarios alternativos de cambio climático*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, The Global Mechanism United Nations Convention to Combat Desertification.

Moreno M., S. y otros, 2010. Efecto de las plantas tóxicas para el ganado sobre la producción pecuaria en Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*, XIV(26), pp. 179-191.

Moreno Medina, S. y otros, 2008. *Comportamiento de las exportaciones de becerros en Sonora, México*. [En línea]
Available at: <http://www.agricultura.uson.mx/publicaciones/Memorias/Moreno,%20M.%20S..pdf>
[Último acceso: 13 Diciembre 2012].

Moreno, M. y otros, 2011. *Correlación entre la precipitación pluvial y los inventarios bovinos en Sonora, México en los últimos 20 años*. [En línea]
Available at:
<http://www.agricultura.uson.mx/publicaciones/Memorias/Moreno.%20M.%20S.%20et%20al.pdf>
[Último acceso: 13 Diciembre 2012].

OIEDRUS, s.f. *Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. Monografía del Estado de Sonora*. [En línea]
Available at: <http://www.oeidrus-sonora.gob.mx/documentos/PUBLICACION%20DINAMICA/mono.pdf>
[Último acceso: 3 diciembre 2012].

Oviedo, W. & Rodríguez, G., 2011. Medición de la eficiencia técnica relativa de las fincas asociadas a Coounión en Guasca Cundinamarca. *MVZ Córdoba*, 16(2), pp. 2616-2627.

Parra Galindo, M. A., Ramírez Moreno, F. & Enríquez Carrillo, E., 2008. *Manejo y control de poblaciones de chírahui y vinorama en el estado de Sonora*. Hermosillo, Sonora: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico No. 35.

PATROCIPES, 1996. *Guía práctica para prevenir y enfrentar la sequía. La sequía es normal en Sonora*. [En línea]
Available at: <http://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/pastizales/P96001.php>
[Último acceso: 3 junio 2013].

Pérez Espejo, R., Ávila Foucat, S. & Aguilar Ibarra, A., 2010. *Introducción a las economías de la naturaleza*. Primera ed. México D.F.: Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.

Pérez López, E. P., 1993. *Ganadería y Campesinado en Sonora. Los Poquiteros de la Sierra Norte*. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA).

Perramond, E. P., 2001. La ganadería sonorensis y los cambios ecológicos: una propuesta. En: L. Hernández, ed. *Historia ambiental de la ganadería en México*. s.l.:L'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), pp. 108-113.

PIT Las Villas, ECOSUR, 2009. *Ganadería holística. Una experiencia exitosa en los valles centrales de Chiapas*. [En línea]
Available at: <http://agroecochiapas.files.wordpress.com/2009/12/ganaderia-holstica-lores.pdf>
[Último acceso: 6 Septiembre 2012].

Presidencia de la República. México, 2012. *Plan Nacional de Desarrollo. Eje 4 Sustentabilidad Ambiental*. [En línea]

Available at: <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/sustentabilidad-ambiental.html>

[Último acceso: 17 octubre 2012].

Ray, S. C., 2004. *Data envelopment analysis. Theory and techniques for economics and operation research*. Primera ed. Estados Unidos de América: Cambridge University Press.

Reynolds, J. F. y otros, 2005. Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Ecosistemas*, 14(3), pp. 3-21.

Riechmann, J., 1995. Desarrollo sostenible: la lucha por la interpretación. En: J. Riechmann, y otros edita. *De la economía a la ecología*. Madrid: Trotta.

SAGARHPA, 2010. *Sonora. Avances de la producción agropecuaria, pesquera y acuícola 2010*. [En línea]

Available at: [http://www.oeidrus-](http://www.oeidrus-sonora.gob.mx/documentos/PUBLICACION%20DINAMICA/AVANCES%20DE%20LA%20PROD.%20AGROP%20Y%20PESQ%20ENERO%20OCT%202010.pdf)

[sonora.gob.mx/documentos/PUBLICACION%20DINAMICA/AVANCES%20DE%20LA%20PROD.%20AGROP%20Y%20PESQ%20ENERO%20OCT%202010.pdf](http://www.oeidrus-sonora.gob.mx/documentos/PUBLICACION%20DINAMICA/AVANCES%20DE%20LA%20PROD.%20AGROP%20Y%20PESQ%20ENERO%20OCT%202010.pdf)

[Último acceso: 1 marzo 2013].

SAGARPA, FAO, 2012. *México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático*. [En línea]

Available at: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_spm_ts_sp.pdf

[Último acceso: 25 Noviembre 2013].

SAGARPA, 2000. *Diario Oficial de la Federación. Tabla de equivalencias de ganado mayor y menor..* [En línea]

Available at: dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=2054508

[Último acceso: 16 enero 2013].

SAGARPA, 2008. *Diario Oficial de la Federación. Lineamientos específicos del componente Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN) del Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria, 31 de diciembre de 2007*. [En línea]

Available at:

http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Programas/Lists/PROGAN/Attachments/1/lin_progan.pdf

[Último acceso: 1 Agosto 2013].

Salazar Solano, V., Moreno Dena, M. & Arvizu Armenta, M., 2011. El sector rural del estado de Sonora: recursos naturales, demografía y estructuras agropecuaria y pesquera. En: C. Borbón-Morales, ed. *Diagnóstico del Sector Agropecuario y Pesquero del Estado de Sonora. Problemáticas, población rural afectada y potencialidades*. Hermosillo, Sonora: CIAD, SAGARPA, SAGARHPA, pp. 17-96.

Savory Institute, s.f. *What Is Holistic Management?*. [En línea]
Available at: <http://www.savoryinstitute.com/holistic-management/>
[Último acceso: 6 septiembre 2012].

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2008. Lineamientos específicos del componente producción pecuaria sustentable y ordenamiento ganadero y apícola (PROGAN) del programa de uso sustentable de recursos naturales para la producción primaria.. *Diario Oficial de la Federación*, Issue 10 de marzo.

SEMARNAT, COLPOS, 2003. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002*. México: s.n.

SEMARNAT, EPA, 2011. *Frontera 2012: Programa ambiental México-Estados Unidos. Situación de la Región Fronteriza. Reporte de Indicadores 2010*. [En línea]
Available at:
http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/SNIA/Documents/frontera_2010_espanol.pdf
[Último acceso: 10 enero 2013].

SEMARNAT, 2011. *El ambiente en números. Selección de estadísticas ambientales para consulta rápida*. Mexico: s.n.

SEMARNAT, 2011. *Visor de mapas en línea*. [En línea]
Available at: <http://infoteca.semarnat.gob.mx/website/geointegrador/mviewer/viewer.htm>
[Último acceso: 2 Diciembre 2011].

SINADES, 2011. *Estrategia nacional de manejo sustentable de tierras*. Mexico: SEMARNAT.

Southern Arizona Buffelgrass Coordination Center, 2013. *Southern Arizona Buffelgrass Coordination Center*. [En línea]
Available at: <http://www.buffelgrass.org/>
[Último acceso: 23 Enero 2013].

Steinfeld, H. y otros, 2009. *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones*. Roma: FAO LEAD.

Thompson, P. & Nardone, A., 1999. Sustainable Livestock Production: Methodological and Ethical Challenges. *Livestock Production Science*, Issue 61, pp. 111-119.

Tripathy, I. G., Yadav, S. S. & Sharma, S., S.F. *Measuring the Efficiency of Pharmaceutical Firms in India: An Application of Data Envelopment Analysis and Tobit Estimation*. [En línea]
Available at:
http://www.researchgate.net/publication/251690406_Measuring_the_Efficiency_of_Pharmaceutical_Firms_in_India_An_Application_of_Data_Envelopment_Analysis_and_Tobit_Estimation
[Último acceso: 18 marzo 2013].

Universidad Autónoma Chapingo, 2006. *Evaluación Externa del Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera (PROGAN)*. [En línea]

Available at: <http://sistemas.coneval.gob.mx/evaluaciones/servlet/svt.SvtLoadFile>

[Último acceso: 10 junio 2013].

Urdaneta, F. y otros, 2010. Eficiencia técnica en fincas ganaderas de doble propósito en la cuenca del lago de Maracaibo, Venezuela. *Revista Científica*, XX(6), pp. 649-658.

Vega Granillo, E., Cirett Galán, S., De la Parra Velasco, M. & Zavala Juárez, R., 2011. Hidrogeología de Sonora, México. En: T. Calmus, ed. *Panorama de la geología en Sonora, México*. Boletín 118. s.l.:Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, pp. 57-88.

Wuerthner, G., 2002. The Donut Diet. The Too-Good-to-Be-True Claims of Holistic Management. En: *Welfare Ranching: The Subsidized Destruction of the American West*. s.l.:Island Press.

WWF, 2011. *World Wildlife Fund*. [En línea]

Available at: http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial/na/na0201_full.html

[Último acceso: 15 diciembre 2011].

Yago, M. E., Lafuente Lechuga, M. & Losa Carmona, A., 2010. Una aplicación del Análisis Envoltante de Datos a la evaluación del desarrollo. El caso de las entidades federativas de México. pp. 119-142

http://mastercooperacion.org/biblioteca_archivos/Libro%20Debates%20Desarrollo.pdf.