

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



“Uso y aprovechamiento eficiente del estiércol ovino para la calefacción”

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

Juan Raúl Aguirre Usnayo

DIRECTOR

Dr. Carlos Pérez Tello

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	4
Objetivos	5
Beneficios.....	6
Planteamiento del problema	9
ANTECEDENTES.....	12
2.1 Situación global	13
2.1.1 Unión Europea.....	14
2.1.2 España.....	15
2.1.3 Canadá y Estados Unidos	17
2.1.4 América Latina.....	18
2.2 Energía en México	19
2.2.1 Sector rural de GLP	25
2.3 Superficie ganadera.....	26
2.3.1 México.....	26
2.3.2 Hidalgo.....	27
2.3.3 Ixmiquilpan	28
2.4 Clima	29
2.4.1 Hidalgo.....	29

2.4.2 Ixmiquilpan	30
2.5 Situación ganadera.....	31
2.5.1 México.....	31
2.5.2 La ovinocultura mexicana en la actualidad	32
2.5.3 Hidalgo.....	35
2.5.4 Ixmiquilpan	35
2.6 Producción de estiércol.....	35
2.7 Coque.....	38
2.7.1 El coque en polvo.....	39
2.8 Pellets de biomasa	40
2.8.1 Producción	40
2.8.2 Parámetros que influyen negativamente en la producción de “pellets”	41
EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS	42
3.1 Poder calorífico del estiércol	46
3.2 Determinación de la Friabilidad	47
3.3 Ensayos de poder calorífico superior.....	48
3.3.1 Estandarización del calorímetro	48
3.3.2 Determinación del poder calorífico.....	49
3.3.3 Determinación de calor de combustión	50
3.3.3.1 Procedimiento	50
3.3.3.2 Operación del calorímetro	51
3.4 Cálculos de calores de combustión de muestras	52

3.5 Resultados	53
3.5.1 Friabilidad	53
3.5.2 Poder calorífico.....	54
Observaciones	56
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES.....	61
NOMENCLATURA Y UNIDADES.....	64
GLOSARIO	67
BIBLIOGRAFÍA	81
APÉNDICE.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Contribución del consumo de biomasa a los diversos sectores	16
Figura 2.2 Demanda de combustibles en el sector residencial de México	22
Figura 2.3 Composición de la oferta nacional de GLP 2011	25
Figura 2.4 Porcentaje de superficie ganadera en México.....	27
Figura 2.5 Municipio de Ixmiquilpan, uso del suelo y vegetación	28
Figura 2.6 Temperatura anual (°C) del Estado de Hidalgo.....	30
Figura 2.7 Temperatura promedio (°C) mensual 2002-2009.....	31
Figura 2.8 Producción de ganado en México.....	32
Figura 2.9 Inventario Ovino Nacional	33
Figura 2.9.1 Porcentaje de participación por zonas en México	33
Figura 3.1 Principales efectos sobre el poder calorífico.....	45
Figura 3.2 Prensa de tornillo manual para fabricar “pellets”	46
Figura 3.3 Bomba Calorimétrica Párr. Co.....	50
Figura 3.4. Distribución de los datos de friabilidad.....	54
Figura 3.5 Distribución estadística de los datos para el Poder Calorífico	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Precios de GLP a usuario final en algunos países, 2008 (USD/kg)	23
Tabla 2.2 Producción diaria de estiércol del ganado ovino	37
Tabla 2.3 Composición de la deyección ovina.....	37
Tabla 2.4 Rendimientos del carbón.....	38
Tabla 2.5 Volumen de producción de polvo de coque (Tn)	39
Tabla 2.6 Características del polvo de coque	40
Tabla 3.1 Factores de control	44
Tabla 3.2 Arreglo L9 seleccionado para el diseño experimental	44
Tabla 3.3 Análisis de varianza para el poder calorífico	45

RESUMEN

Se realizó la caracterización de estiércol de oveja como una alternativa de combustible en forma de biomasa para calefacción, cocción o calentamiento de agua en regiones que reúnen las características de clima estacional frío, problemas de disponibilidad y acceso a combustibles convencionales como gas licuado de petróleo (GLP) o gas natural (GN) y que cuenten con la generación de una cantidad adecuada de desechos de oveja que puedan ser utilizados para los fines anteriormente indicados.

Se describe la metodología desarrollada para la caracterización termoenergética así como los métodos de preparación de las muestras, el diseño experimental utilizado y los resultados obtenidos. Se realizó un análisis técnico de la utilización del estiércol de oveja mediante la adición de polvo de coque el cual es un material de desecho también para incrementar el poder calorífico y, al mismo tiempo, asegurar una consistencia adecuada, durabilidad, controlar el contenido de humedad y propiedades mecánicas apropiadas para la fabricación de “pellets” con características estandarizadas de contenido calorífico y propiedades físicas, entre ellas, la que se consideró de las más importantes, la friabilidad de las muestras.

Los resultados obtenidos para diferentes proporciones de estiércol/coque buscando el punto óptimo de poder calorífico y consistencia mecánica indican que las muestras analizadas promediaron 2841 kcal/kg para el estiércol y 4474 kcal/kg cuando el porcentaje de coque es de 40% en peso. Sin embargo, las muestras con un 30% de coque en peso mostraron una mejor friabilidad que el resto.

Se indica la posibilidad real de aprovechar estos desechos para su empleo en comunidades del Centro de México de escasos recursos y con acceso limitado a

combustibles convencionales. Se realizó un análisis más detallado para la comunidad de Ixmiquilpan, como caso de estudio, zona donde la producción ovina es significativa y susceptible de ser utilizada para este propósito.

INTRODUCCIÓN

El propósito del presente trabajo se enmarca en un tema de interés para los residentes del municipio de Ixmiquilpan en el Estado de Hidalgo, pero también puede abarcar a otros estados de México, relacionados con la producción y potencial aprovechamiento de estiércol de ganado ovino, para la generación de energía calorífica.

Considerando la existencia de centros de crianza de ganado ovino en el país, y en virtud de la demanda creciente de combustible doméstico, se hace necesario determinar el potencial de uso y aprovechamiento energético del estiércol que generan estos animales, para así establecer parámetros que permitan conocer qué tanto se aporta en términos energéticos, con un aprovechamiento adecuado de tal manera que se pueda determinar el poder calorífico generado por estos residuos para satisfacer, en principio, las necesidades de calefacción en comunidades rurales.

Asimismo, y para cubrir los objetivos del estudio, fue necesario realizar una evaluación del potencial energético del estiércol ovino, a partir de su contenido, en las principales zonas ganaderas del país y el desarrollar un mapa de la ubicación por regiones y municipios de las principales fuentes de producción ovina, definiendo volúmenes de producción y factibilidad de aprovechamiento energético del estiércol.

Objetivos

Evaluar una forma de energía renovable para reducir el uso de la energía fósil y apoyar la disponibilidad y acceso a combustibles no convencionales para la calefacción e iluminación de viviendas.

Identificar las zonas de mayor potencial de aprovechamiento de estiércol ovino en México.

Determinar la proporción óptima de mezcla estiércol-coque para la fabricación de “pellets” para uso termo energético.

Beneficios

El empleo de “pellets” de estiércol de ovino produce energía calorífica que puede ser utilizada para cocinar alimentos sin que adquieran un olor o sabor extraño. Al utilizar esta fuente de energía se evita el uso de leña, contribuyendo a la disminución de la deforestación y se aprovecha un desecho animal.

Al aprovechar los excrementos del ganado ovino se evitan problemas de contaminación de aguas, malos olores o criadero de insectos y se controlan los microorganismos capaces de generar enfermedades (patógenos).

Elevar la calidad de vida del sector rural, favoreciendo el arraigo a las actividades rurales, mediante la aplicación de programas de fomento a la producción pecuaria y proyectos integrales, que capitalicen al productor.

La biomasa juega un papel cada vez más importante en el panorama energético.

Como también el aprovechamiento de las fuentes solar y eólica en sus diferentes variantes, la combustión de biomasa es una solución natural para la producción de agua caliente, calefacción y vapor cuando los requerimientos no son demandados a gran escala o con fines de uso masivo para grandes poblaciones, sino que se hallan reducidas al nivel doméstico en zonas no urbanas o de la pequeña industria; y siempre que no afecte negativamente a la producción alimentaria.

Entre las energías renovables destaca el uso de productos obtenidos a partir de materia orgánica para producir energía. Estos productos componen lo que se denomina “*biomasa*”, una definición que abarca un gran conjunto de materiales de diversos orígenes y con características muy diferentes.

Dentro de esta definición se incluyen por ejemplo, los residuos de aprovechamientos forestales y cultivos agrícolas, residuos de podas de jardines, residuos de industrias agroforestales, cultivos con fines energéticos, combustibles líquidos derivados de productos agrícolas, residuos de origen animal o humano, etc.

La biomasa es una fuente energética que puede ser básica en nuestra sociedad a corto plazo, tanto desde el punto de vista energético y ambiental, como para el desarrollo socioeconómico de las zonas rurales.

En 2011, 91.3% de la oferta interna bruta, equivalente al consumo nacional de energía, provino de combustibles fósiles, mientras que menos de 9% se cubrió con combustibles no fósiles. Esta proporción se ha mantenido relativamente constante, mostrando la fuerte dependencia del país en los combustibles fósiles, principalmente en los hidrocarburos (Energética, 2011).

Este 91.3% no renovable conlleva importantes implicaciones medioambientales y una fuerte dependencia del abastecimiento exterior.

La superficie ganadera de México llega a las 109.8 millones de hectáreas, con un 56% de superficie nacional. Por ello, se generan anualmente gran cantidad de residuos provenientes de la ganadería con un gran potencial de uso como biocombustibles, con una gran variedad de aplicaciones. (Durán, Bolaños Medina , & Olgún Prado, 2006)

Dentro de los principales posibles biocombustibles en México destacan las deyecciones de animales (vacuno, porcino, avícola y ovino).

Teniendo mayor uso el vacuno y porcino en proyectos de biocombustibles, el estiércol de avícola y ovino es considerado como un fertilizante en la agricultura y no así como un generador energía ya que no existen proyectos para éste.

La energía producida mediante estiércol de ovino puede utilizarse para calefacción y producción de agua caliente en el sector doméstico, calor para procesos industriales y generación de electricidad.

La combustión del estiércol ovino no contribuye al aumento del efecto invernadero, porque el carbono que se libera forma parte de la atmósfera actual (es el que absorben y liberan continuamente las plantas durante su crecimiento) y no del subsuelo, capturado en épocas remotas, precisamente como el gas o el petróleo.

La energía que contiene el estiércol ovino es energía solar almacenada a través de la fotosíntesis, proceso por el cual algunos organismos vivos, como las plantas, utilizan la energía solar para convertir los compuestos inorgánicos que asimilan (como el CO₂) en compuestos orgánicos.

El uso del estiércol ovino como recurso energético supone distintas ventajas medioambientales entre las que figuran:

- Emisiones reducidas de contaminantes como CO_x, HC, NO_x, CH₄ y N₂O.
- Ciclo neutro de CO₂, sin contribución al efecto invernadero.
- Reducción del mantenimiento y de peligros derivados del escape de gases tóxicos y combustibles en las casas.
- Reducción de plagas de insectos.

- Independencia de las fluctuaciones de los precios de los combustibles provenientes del exterior (no son combustibles importados).
- Mejora socioeconómica de las áreas rurales.

Una de las formas de generación de energía basada en biomasa es el “pellet” (denominación genérica para referirse a pequeñas proporciones de material aglomerado y comprimido, hoy en día este término se utiliza en conceptos energéticos) de estiércol un combustible obtenido de la deyección ovina. Todo lo anterior convierte al estiércol ovino en una fuente potencial de energía en el futuro, especialmente en atención del sector doméstico de zonas rurales o agroindustria y pequeña industria cercanas a las fuentes de disponibilidad del producto.

Planteamiento del problema

La biomasa es la fuente de energía más utilizada por las personas con mayor índice de marginación que viven en las áreas rurales. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares 2009 (ENIGH), el 14% de los hogares (más de 13 millones de habitantes) en México utilizan leña como combustible principal para cocinar. El mayor consumo de leña se da en los estados con índices de marginación muy altos como Hidalgo, Guerrero, Chiapas y Oaxaca. Esto preocupa dado que la biomasa es la principal fuente de contaminación en los hogares por la forma de su uso, lo cual constituye una seria amenaza contra la salud, afectando principalmente a las mujeres y a los niños.

En estos estados, es común el uso de la leña u otros recursos pues existe una gran disponibilidad de la misma, dada la gran riqueza de bosques y selvas existente y pastizales agropecuarios. En la actualidad uno de los principales problemas que se tienen en toda explotación es el manejo que se le pueda dar a la gran cantidad de

desechos generados en forma de estiércol u otros residuos, lo cual tradicionalmente se ha limitado a la simple agricultura como abono u otros usos, causando contaminación. En México no existe política sobre el uso adecuado de estos residuos y en especial de las deyecciones ovinas. No existe un aprovechamiento adecuado del estiércol ovino como medio potencial de generación de energía calorífica. Precisamente basados en la posible utilización de residuos que actualmente se desechan y no se aprovechan en absoluto, se plantea la posibilidad de lograr obtener energía a partir del estiércol de ganado ovino para el sector rural en zonas donde este recurso existe en mayor abundancia en nuestro país y que, al mismo tiempo pueda procesarse de manera sistematizada para proveer un producto con propiedades termo-físicas controladas y estandarizadas. Por ello, se enfocó el presente trabajo a identificar las regiones del país con mayor producción de ovinos y se identificó al municipio de Ixmiquilpan en el Estado de Hidalgo como el de mayor potencial de utilización. El objetivo es generar un producto en forma de “pellets” combinado con un material que, al mismo tiempo que acondicione las características físicas de durabilidad, tamaño, contenido de humedad, entre otras, incremente también su poder calorífico y que no constituya un costo adicional al ser un material de desecho. El material seleccionado es coque metalúrgico el cual es un subproducto en polvo derivado de operaciones metalúrgicas y que generalmente se desecha sin utilizarlo. Entonces se plantean las siguientes preguntas:

¿Existe suficiente ganado ovino que genere estiércol en Ixmiquilpan, Hidalgo?

¿Qué utilización se da al polvo de coque en la metalurgia y cuál es su porcentaje de desperdicio en México?

¿Cuáles son los poderes caloríficos de mezclas diferentes de polvo de coque y estiércol ovino para que este pueda considerarse un producto atractivo como portador energético?

¿Qué mezcla adecuada de estiércol y coque es óptima para generar energía calórica?

Estas son algunas de las principales preguntas que deben responderse para tener una base de decisión confiable y para ello se deben realizar las pruebas experimentales de poder calorífico así como el análisis de factibilidad de su aprovechamiento.

ANTECEDENTES

2.1 Situación global

Según datos del Fondo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), algunos países pobres obtienen el 90% de su energía de la leña y otros biocombustibles. Esta fuente de energía supone un tercio del consumo energético en África, Asia y Latinoamérica siendo la principal fuente de energía en los hogares de 2,000 millones de personas.

Más del 10% (1.5 Gha) de la superficie mundial se utiliza actualmente para cultivos y un 25% (3.54 Gha) para pastos de ganadería y otras producciones animales. Anualmente, alrededor de 7 u 8 Mha se convierten en agrícolas (Ministerio de Industria & Área Tecnológica del Instituto para la Diversific, 2012).

Un mayor desarrollo de la tecnología y una adecuada planificación del aprovechamiento de la biomasa, supondría un impulso para el mercado internacional de biomasa, mejoras ambientales y el desarrollo rural de zonas degradadas.

Las previsiones establecidas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático establecen que antes de 2100 la cuota de participación de la biomasa en la producción mundial de energía debería estar entre el 25 y el 46% (Ministerio de Industria & Área Tecnológica del Instituto para la Diversific, 2012).

En el año 2006, la contribución de la biomasa (incluyendo usos tradicionales no eficientes) a nivel mundial alcanzaba los 1,186 Mtep de energía primaria, lo que suponía un 10.1% del total mundial. Si se descuenta la biomasa mediante usos tradicionales, la contribución de todas las energías renovables a nivel mundial baja significativamente, situándose alrededor del 7% del consumo de energía primaria mundial ((IDAE), 2012).

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) menciona en Plan de Energías Renovables ((IDAE), 2012) la siguiente división por aplicaciones:

- Usos tradicionales (calefacción y cocina): 724 Mtep
- Usos modernos: 462 Mtep, divididos en:
 - Biocarburantes: 24.4 Mtep.
 - Calor utilizado directamente: 293 Mtep (188.6 Mtep industriales y 104.4 Mtep en edificios).
 - Electricidad y redes de calefacción: 80.7 Mtep (239 TWh).
 - Pérdidas: 63.9 Mtep.

De los 239 TWh eléctricos generados con biomasa en 2006, la AIE indica que aproximadamente el 44.4% correspondían a plantas de generación eléctrica exclusiva con un rendimiento medio del 20%. El resto eran plantas de cogeneración con uso de la energía térmica tanto en la industria como en redes de calefacción centralizada.

Cabe señalar que, en general, las estadísticas de biomasa son poco fiables dada la heterogeneidad de aplicaciones y su dispersión.

2.1.1 Unión Europea

En la Unión Europea, cinco países aportan el 56.7% de la energía primaria producida con biomasa, Francia, Suecia, Alemania, Finlandia y Polonia. Los principales consumidores de biomasa (consumo per cápita) son los países nórdicos y bálticos, junto con Austria, y encabezados por Finlandia (Ministerio de Industria & Área Tecnológica del Instituto para la Diversific, 2012).

Merece la pena destacar que las aplicaciones para calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) abastecidas con “pellets” (denominación genérica para referirse a pequeñas proporciones de material aglomerado y comprimido, hoy en día este término se utiliza en conceptos energéticos) son una práctica habitual en muchos países europeos. En algunos de ellos, el crecimiento en la instalación de calderas de biomasa ha sido muy significativo desde el año 2004.

En Austria, por ejemplo, se pasó de 28,000 instalaciones con potencias inferiores a 100 kW en 2004, a 47,000 en 2006 (Observatorio Tecnológico de la Energía, 2012). Todos estos desarrollos junto con la creciente producción de “pellets” han dado lugar a un mercado europeo de biomasa; en el que los países con excedente de producción de este tipo de biomasa abastecen a los países consumidores de “pellets”.

Por otro lado, la producción eléctrica con biomasa se sitúa en torno a los 60 TWh en Europa lo que supone alrededor del 2% de la producción de eléctrica europea (Observatorio Tecnológico de la Energía, 2012).

2.1.2 España

En España, al igual que en gran parte de los países desarrollados, se sustituyó la mayoría de los consumos basados en biomasa, primero por carbón a finales del siglo XIX y luego por combustibles derivados del petróleo o aplicaciones eléctricas durante el siglo XX.

De hecho este consumo quedó relegado a algunos sectores directamente relacionados con la biomasa, como el sector forestal y en algunos casos el agroalimentario o las cerámicas. Aparte de estos sectores, el mayor consumo de

biomasa se centró en los sistemas tradicionales de calefacción, producción de ACS y cocina, como las chimeneas o estufas de leña.

La mayor parte de la biomasa proviene del sector forestal, que ha sido utilizada tradicionalmente en el sector doméstico mediante sistemas poco eficientes (uso de leña), pero también las calderas de industrias forestales.

En la Figura 2.1 puede apreciarse la gran contribución en el consumo de biomasa de los usos domésticos tradicionales y se establece la alta participación de las industrias forestales (en torno al 40%) y de los subproductos de la producción de aceite y frutos secos (8%) (Ministerio de Industria & Área Tecnológica del Instituto para la Diversific, 2012).

El período comprendido entre los años 2005 y 2009 supuso en España una época de transición y de sentar las bases para impulsar el despegue del sector de la biomasa. Sin embargo, en este período han sido mayores las expectativas de desarrollo que los resultados alcanzados.

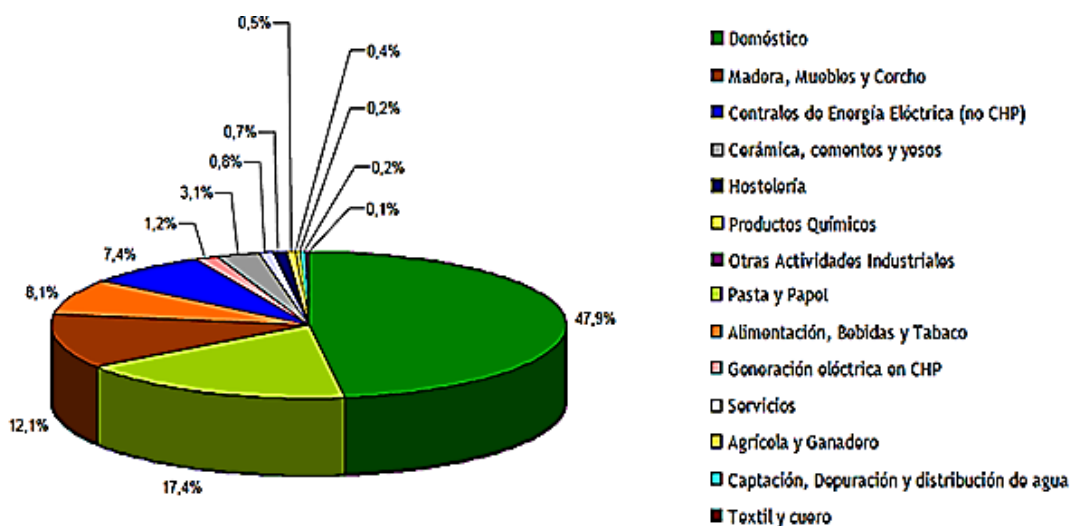


Figura 2.1 Contribución del consumo de biomasa a los diversos sectores

Fuente: (Observatorio Tecnológico de la Energía, 2012)

Las plantas de producción eléctrica que existen en España son escasas y la mayor parte de la potencia instalada procede de instalaciones de industrias que tienen asegurado el combustible con su propia producción. Por ejemplo, la industria papelera, las industrias forestales y agroalimentarias.

2.1.3 Canadá y Estados Unidos

En Canadá y Estados Unidos, la mayoría de las plantas de “pellets” pertenecen a empresas destinadas exclusivamente a la producción de este tipo de combustible. Las grandes empresas dedicadas a la explotación del bosque (con dos excepciones) no se dedican al rubro de la producción de “pellets” (Malisius, 2000). La materia prima mayormente utilizada en estos países es el aserrín, dejando la corteza y otro tipo de desechos, en un plano secundario.

La industria del pelletizado en estos países es en general una mezcla entre las plantas autosuficientes, es decir aquéllas que se dedican solamente a la producción de “pellets” y las empresas mixtas que son aquéllas que se dedican además del procesado de la madera, a la producción de “pellets”.

Las empresas autosuficientes compran sus materias primas en el mercado libre y tienden a ser los productores más grandes. Las empresas mixtas, es decir, aquellas empresas productoras de “pellets” que además pertenecen a empresas procesadoras de madera, procesan solo los desechos generados por sus propias plantas buscando con esta estrategia un aprovechamiento máximo de sus existencias.

En términos generales, se puede decir que la mayoría de los países productores, en la actualidad, tienen sus producciones aseguradas en términos de disponibilidad de materia prima. Donde existe mayor restricción al crecimiento de la producción,

es en la demanda interna del producto. Aunque a la fecha, algunos países han tomado la decisión de exportar a aquellos países en que la capacidad de producción no abastece completamente la demanda por este tipo de combustible, pudiendo así seguir aumentando sus niveles de producción.

2.1.4 América Latina

Las tendencias actuales del uso de la biomasa en América Latina, además de su continua utilización tradicional, se orienta a una utilización más moderna en la cual se busca obtener mayores eficiencias en la combustión, además de limitar las emisiones de carbono a la atmósfera. Investigadores de la Universidad Nacional de Colombia (UN) (Dora de Alonzo, 2012) publicaron recientemente los resultados de un estudio que empleó biomasa residual de la palma aceitera y melazas de caña de azúcar (como agente aglutinante) para elaborar combustible sólido. Este estudio concluye que los residuos de la palma (específicamente, cuesco de palma de aceite) pueden ser utilizados para la elaboración, de los así llamados, “agropellets” o “biopellets” los cuales presentaron una alta densidad energética, estabilidad y durabilidad. Asimismo, en la UN se desarrollan pruebas de gasificación de “pellets”, en las cuales se ha logrado generar hasta 10 kW. Según el reporte de la Agencia de Noticias UN, los investigadores estudian actualmente el uso de varios tipos de biomasa para la gasificación, como por ejemplo, residuos de coco, cascarilla de café, cuesco de palma, cascarilla de arroz, cáscara de cacao, cascarilla de trigo, y aserrines (Dora de Alonzo, 2012).

En Chile se publicó en el Diario Oficial una ley en la que se da capacidad a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) de regular equipo de

combustión de leña y otros residuos como “pellets”, astillas, etc. Según el comunicado de prensa esta ley busca (Dora de Alonzo, 2012):

Reducir las emisiones por la mala calidad y uso de los artefactos de leña.

- i) Facilitar programas de intercambio de equipo de combustión de leña.
- ii) Mejorar la eficiencia de los artefactos.
- iii) Reducir el gasto familiar en leña.
- iv) Reducir el riesgo de incendios.
- v) Reducir el consumo de leña en todos los sectores (residencial, comercial y público).

En El Salvador fue aprobado el marco regulatorio que incentiva la generación de energía eléctrica utilizando recursos renovables. Esta ley, que es parte del Marco Regulatorio para la Promoción de las Energías Renovables, busca garantizar a productores con capacidad de hasta 20 MW, que toda la energía producida será adquirida por las distribuidoras eléctricas (Dora de Alonzo, 2012).

2.2 Energía en México

El desarrollo de la humanidad no se concibe sin el uso de energéticos. De hecho, podría decirse que la energía se transforma de una a otra para dar lugar a las diversas formas de vida. La especie humana ha conseguido el grado de desarrollo tecnológico actual en gran medida gracias a los energéticos. De la disponibilidad de los mismos depende que la humanidad siga desarrollándose, alcanzando estándares de vida cada vez más altos, con mayores comodidades, con mejor salud, etc. En pocas palabras, sin energéticos no hay desarrollo humano.

Como seres individuales o núcleos familiares las principales demandas de energéticos, en la vivienda, son producto del acondicionamiento climático y del uso

de energía para la preparación de alimentos. Así, los principales energéticos consumidos por los hogares en el mundo moderno o desarrollado, como una forma de diferenciarlo de las regiones en desarrollo, son: electricidad, gas natural (GN) y/o gas licuado de petróleo (GLP).

Así también regiones que consumen leña, carbón, aceites combustibles, todo aquello que se pueda quemar cuya suma puede abastecer fácilmente los hogares y los energéticos de las regiones en desarrollo.

La electricidad permite iluminar las viviendas, utilizar dispositivos como radio, televisión, computadoras, ventiladores, etc.

Ésta interviene en prácticamente todas las actividades humanas, desde el foco que ilumina nuestros hogares. Podría decirse que desde no hace mucho tiempo el ser humano vive en la era de la electricidad. El otro combustible importante para los hogares, particularmente en México, es el gas. Existen dos variantes, el gas natural (GN) o el gas licuado del petróleo (GLP). Aunque en el mundo el GN es el de mayor consumo, en México el GLP es el de mayor uso. De hecho, según la asociación mundial de GLP, Consumo per cápita de gas LP por habitante fue de 36.4 kg a nivel mundial en 2010. Ecuador desplazó a México de la posición número uno en cuanto al consumo per cápita de gas LP, al ubicarse aproximadamente en 68 kg por habitante. Los altos subsidios al precio de venta del gas LP envasado en Ecuador propiciaron un incremento considerable en su consumo. En dicho país, 94% del consumo se concentró en los sectores residencial y comercial, mientras que el sector industrial participó con 5%. En términos de tamaño de mercado, destaca que el consumo en Ecuador fue aproximadamente nueve veces inferior al de México.

Por su parte, México ocupó el segundo lugar en el mundo en el consumo per cápita de gas LP, al ubicarse aproximadamente en 65 kg por habitante. Esta caída en el posicionamiento a nivel mundial se debió a la menor demanda de gas LP en los sectores residencial y de transporte en los últimos años. Dos terceras partes de la demanda se concentró en el uso doméstico, mientras que los sectores transporte e industrial representan una quinta parte. México ocupó el quinto lugar mundial en términos de consumo doméstico (después de Estados Unidos, China, India y Japón) y el primero de Latinoamérica.

Por otra parte, Japón ocupó el tercer lugar en consumo per cápita, con aproximadamente 60 kg por habitante. La estructura de su sector productivo y el grado de desarrollo de su economía hizo que el uso de gas LP se distribuyera uniformemente entre los diversos sectores. Este país destinó 43% del gas LP para el sector doméstico, 30% para el industrial, 18% para el sector petroquímico y 9% para uso automotor.

Sin embargo, los precios del mismo, limita su uso impidiendo que muchos hogares no logren un mínimo de calidad de vida, hay familias que consumen menos de 45 kg de GLP al año.

Tanto el GN como el GLP son utilizados principalmente en la preparación de alimentos, como combustible para calentar agua y para calefacción. En pocas palabras el bien que presta el gas es el de otorgar energía térmica. En lo que se refiere estrictamente a la cantidad de energía utilizada, es irrelevante si ésta se produce a través de GN o de GLP, sin embargo, por la densidad energética (energía por unidad de volumen), la infraestructura requerida para cada caso es distinta, por ello es que en estricto sentido no se puede decir que ambos productos sean en

todos los casos alternativas disponibles. Otra opción es la electricidad, pues existen múltiples instrumentos generadores de calor que son alimentados por esta forma de energía.

En las zonas rurales del país existen otras disponibilidades energéticas, concretamente la biomasa, compuesta principalmente por leña, bagazo de caña, raíces, residuos de cosechas y estiércol, que sirven como energéticos. No existe información confiable respecto al consumo de biomasa a nivel nacional excepto de la leña. Por ello, en la Figura 2.2 se muestran los porcentajes de los hogares que tiene acceso a los energéticos.

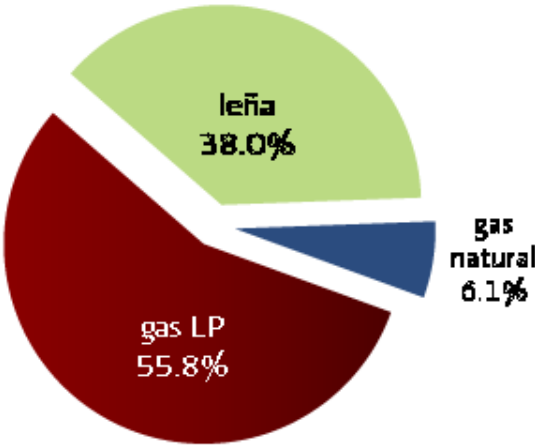


Figura 2.2 Demanda de combustibles en el sector residencial de México

Fuente: (Secretaría de Energía, Prospectiva del mercado de Gas LP, 2012)

Como lo muestra la Figura 2.2, el principal combustible de uso doméstico en nuestro país es el GLP, de ahí la importancia de analizar la forma en que dicha industria compite, la regulación existente y los problemas que el mercado enfrenta. México es un país donde existe un precio administrado al GLP, razón por la que se convierte en un energético atractivo para los consumidores finales. Así lo muestra la tabla 2.1, donde se observa que países como Estados Unidos deben pagar más que en

México debido a que en dicho lugar no existen subsidios para este bien. Por otra parte, el nivel de ingreso de nuestro país es superior al de otros centroamericanos, lo que ayuda a que el consumo en el nuestro sea mayor.

Tabla 2.1 Precios de GLP a usuario final en algunos países, 2008 (USD/kg)

País	USD/kg
Panamá	0.39
El Salvador	0.45
México	0.88
Honduras	0.93
Nicaragua	1.12
EU	1.23
Guatemala	1.4
Costa Rica	1.73

Fuente: (Secretaria de Energia, Precios de GLP, 2009)

Los hogares en México pueden adquirir el GLP mediante las siguientes modalidades:

- Recipientes transportables (cilindros) de 10 Kg.
- Recipientes transportables (cilindros) de 20 Kg.
- Recipientes transportables (cilindros) de 30 Kg.
- Recipientes transportables (cilindros) de 45 Kg.
- Venta a tanques estacionarios domésticos.
- Venta de recipientes portátiles en establecimientos comerciales y/o estaciones de servicio.
- En las plantas de distribución.

El consumo de gas, en cualquiera de sus modalidades, requiere de infraestructura doméstica adecuada para el consumo del producto. Concretamente, es necesario contar con instalaciones que permitan comunicar a los cilindros de gas con los usos

finales, preferentemente cocinas y calentadores de agua. Aunque en el sector urbano esta observación no es muy importante, en el sector rural definitivamente lo es.

El GLP que se produce en México proviene principalmente de dos fuentes: el procesamiento del gas natural húmedo y la refinación del petróleo crudo. Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) realiza el principal aporte a la producción de GLP a través del procesamiento de gas natural húmedo; Pemex Exploración y Producción también contribuye a la oferta de GLP; por su parte Pemex Refinación complementa la producción mediante la refinación del crudo. Cabe señalar que cuando la producción no alcanza a cubrir la demanda nacional de GLP es necesario importar el energético.

En 2011 las importaciones representaron 28.1% de la oferta total, al ubicarse en 82.4 Mbd ver Figura 2.3.

Dicho volumen fue 4.6% superior al de 2010. Las exportaciones totalizaron 1.5 Mbd en 2011, 1.4 Mbd más que en 2010.

Con respecto a la demanda interna, durante 2011 ésta fue equivalente a 290.4 Mbd, 0.8% menor con respecto a 2010. Diversos factores ocasionaron este comportamiento, entre ellos, las mejoras de los estándares de eficiencia de los calentadores de agua, la preferencia por el uso del horno de microondas, la sustitución de estufas y la introducción de paneles solares. Asimismo, se observó un incremento en el consumo del gas natural, principalmente en la región Noreste, debido a la disponibilidad de infraestructura.

El sector más representativo fue el residencial, con 64.1% del total nacional, seguido del sector servicios, con 13.9%. Los sectores autotransporte, industrial, petrolero y agropecuario aportaron 9.6 %, 9.3%, 1.6% y 1.5%, respectivamente.

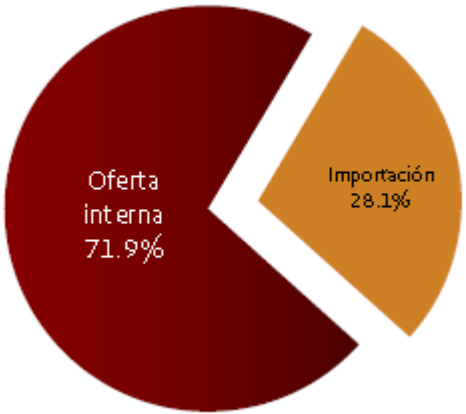


Figura 2.3: Composición de la oferta nacional de GLP 2011.

Fuente: (Secretaria de Energía, Prospectiva del mercado de Gas LP, 2012)

2.2.1 Sector rural de GLP

En México, la regulación que existe en materia de GLP no reconoce diferencias entre el sector urbano y rural; sin embargo, las hay. Concretamente, es más difícil y costoso llevar el energético al sector rural porque los caminos rurales implican un mayor costo para los distribuidores. Los vehículos se pueden averiar con mayor facilidad, los centros de distribución se hallan más alejados, la densidad de población y, por tanto, el número de clientes es menor, entre otras causas, lo que provoca mayores gastos de mantenimiento. Por lo tanto, el sector rural ha sido desatendido, es decir, no existe una oferta permanente y es necesario reconocer las diferencias para generar incentivos que permitan a los distribuidores ofrecer el servicio en áreas rurales. Esto implica flexibilizar la regulación existente.

Existen algunas barreras para hacer llegar el GLP hasta las personas que viven en zonas rurales las cuales tienen que ver con la capacidad de las empresas distribuidoras de hacer llegar el energético. Además, las regulaciones y subsidios que el gobierno implementa para que se logre distribuir el combustible, así como el ingreso de las personas que viven en las áreas rurales representan las principales barreras para que se distribuya el energético en ese nicho de mercado (WLPGA, 2012).

2.3 Superficie ganadera

2.3.1 México

La ganadería es otra de las actividades productivas que tiene un impacto importante en nuestro país. El número de cabezas está creciendo notablemente en las últimas décadas.

La ganadería se practica en todo el país abarcando, según datos de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (Cotecoca), cerca de 1.12 millones de kilómetros cuadrados, es decir, en 57.3% de la superficie del país y en 38.3% de la superficie nacional que corresponde al uso de suelo para la ganadería como se observa en la Figura 2.4 (SEMARNAT, 2008).

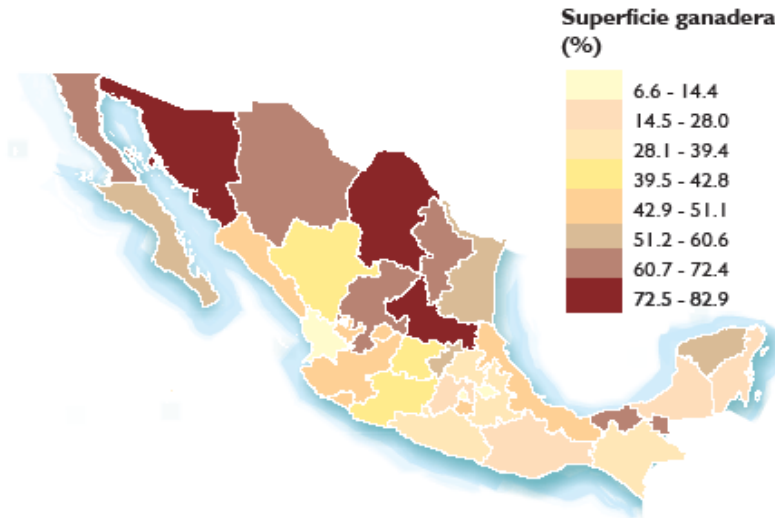


Figura 2.4 Porcentaje de superficie ganadera en México

Fuentes: Elaboración propia con datos de: SAGARPA, Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero. México. 2004.

2.3.2 Hidalgo

El Estado de Hidalgo sorprende por la diversidad de paisajes que exhibe en todo su territorio y que muestran desde terrenos semidesérticos y rocosos con escasa vegetación arbustiva en el noroeste y oeste, hasta valles agrícolas con generosa producción de forrajes en el valle de Mezquital. En otro extremo existen espesos bosques de coníferas al centro-oriental y sierras cálidas al noreste, con nutrida vegetación perenne en la llamada Huasteca y región Otomí-Tepehua. Al sur un altiplano poblado de cultivos temporaleros.

La importancia de la ganadería en el Estado de Hidalgo radica en el gran número de familias que se dedican a esta actividad y que sustentan en ella su economía. Según el último censo disponible (INEGI, 2010) el estado tiene una superficie total de 20,846 km² que representa el 1.06% del total del país. De estos, 7,379.3 km²

conforman en su conjunto una superficie de uso para la ganadería y representan el 35.4% de la superficie total estatal.

2.3.3 Ixmiquilpan

El municipio de Ixmiquilpan se ubica en el estado de Hidalgo entre los paralelos 20° 22' y 20° 43' de latitud norte; los meridianos 99° 04' y 99° 19' de longitud oeste; altitud entre 1600 y 3200 m (SIIEH, 2009).

El municipio de Ixmiquilpan colinda al norte con los municipios de Zimapán y Nicolás Flores; al este con Cardonal y Santiago de Anaya; al sur con San Salvador, Chilcuautla y Alfajayucan y al oeste con Alfajayucan y Tasquillo.

Las principales localidades con las que cuenta son: Panales, el Tephé, Maguey Blanco, Orizabita, el Alberto, Dios Padre, Julián Villagrán y Tatzadhó. (SIIEH, 2009) ver Figura 2.5.

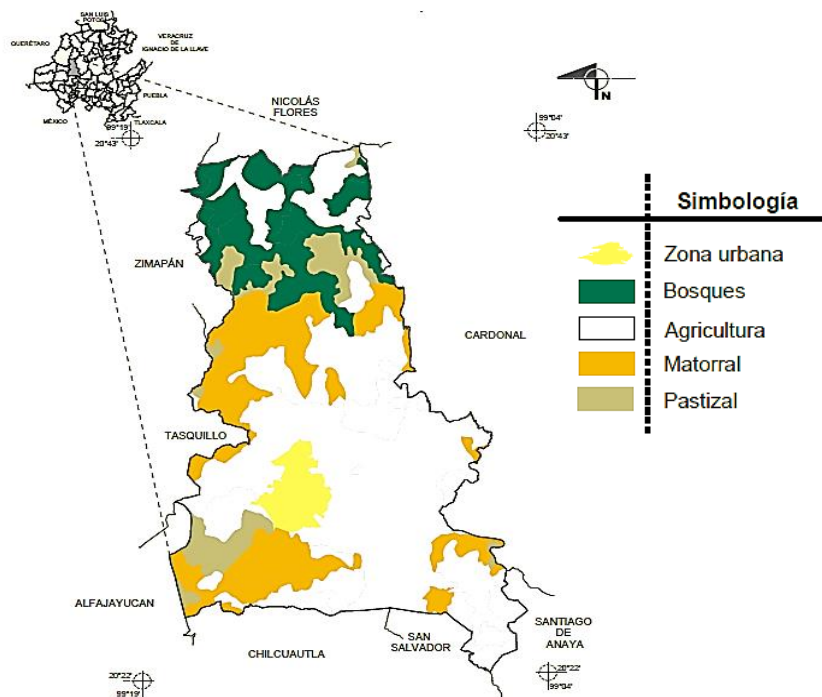


Figura 2.5 Municipio de Ixmiquilpan, uso del suelo y vegetación

Fuente: (SIIEH, 2009)

La región cuenta una extensión territorial de 1,727 km², representando el 8.28% de la superficie estatal. Asimismo, cuenta con 293.2 km² de uso de suelo pecuario que representa el 17% de la superficie municipal y 132.3 km² para el pastoreo y crianza de ganado.

La población total es de 86,363 habitantes, representando el 3.24% de la población total estatal. El Municipio de Ixmiquilpan tiene la ventaja geográfica de colindar con Municipios importantes dentro de estas grandes colindancias de Municipios: al Norte colinda con el Cardonal y con Nicolás Flores; al noroeste colinda con Zimapán; al oeste colinda con Tasquillo. Al suroeste colinda con Alfajayucan; al sur con Chilcuautla y Progreso; al sureste con Santiago de Anaya que a su vez conectan con tres grandes ciudades que son Pachuca, Querétaro y el D.F.

El Municipio de Ixmiquilpan es el que representa el mayor volumen de producción de estiércol ovino en el país y que, además por la cercanía de establos de ovejas, es el de mayor potencial para realizar estudios de aprovechamiento de este recurso.

2.4 Clima

2.4.1 Hidalgo

El 39% del estado presenta clima seco y semi-seco, el 33% templado sub-húmedo, el 16% cálido húmedo, 6% cálido sub-húmedo y el restante 6%, templado húmedo, estos últimos se presentan en la zona de la Huasteca.

La temperatura media anual es de 17.7°C. La temperatura mínima del mes más frío, enero, es alrededor de 6.1 °C y la máxima se presenta en abril y mayo que en promedio es de 27.2°C, ver Figura 2.6 (CNA, 2012).

2.4.2 Ixmiquilpan

El municipio es predominantemente llano y de colinas bajas, aunque un 30% de su territorio enclavado en la Sierra Madre Oriental, tiene una altitud media de 1700 m sobre el nivel del mar. El nivel promedio de precipitaciones es de 364 mm, lo que caracteriza su clima como semiárido. La temperatura media anual es de 18.7°C. La temperatura mínima del mes más frío, enero, es alrededor de 14.5°C y la máxima se presenta en mayo y junio que en promedio es de 22.1°C, ver Figura 2.7.

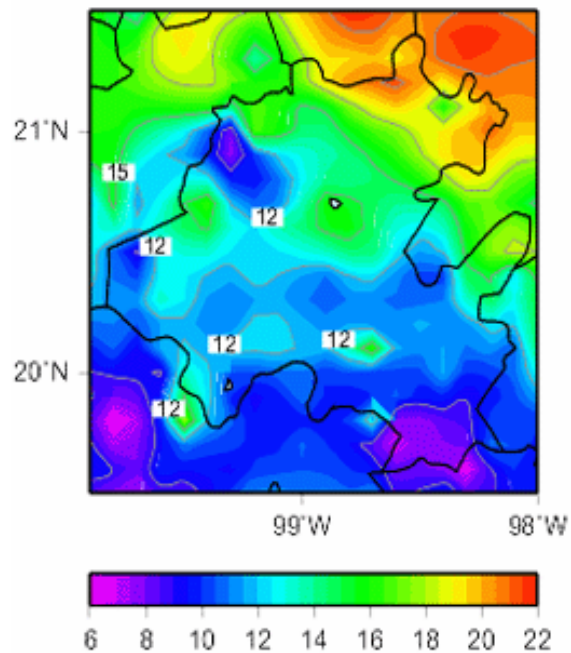


Figura 2.6 Temperatura anual (°C) del Estado de Hidalgo.

Fuente: (CNA, 2011)

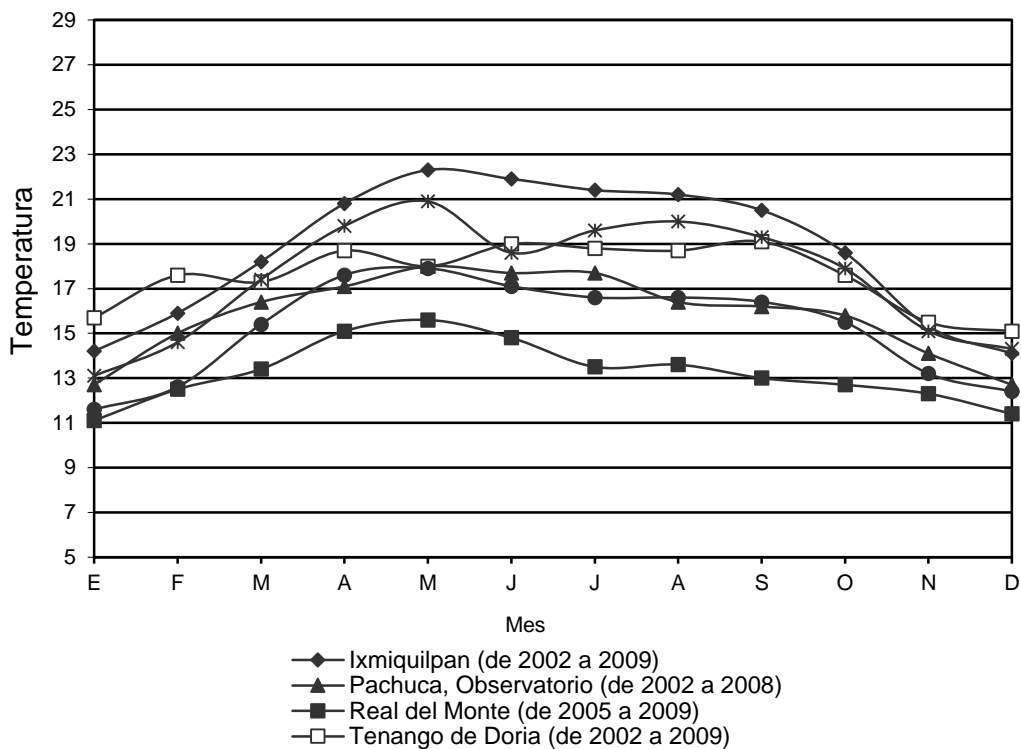


Figura 2.7 Temperatura promedio (°C) mensual 2002-2009

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2011)

2.5 Situación ganadera

2.5.1 México

En México existen diversas regiones donde la actividad económica preponderante es la crianza y aprovechamiento integral del ganado. En este sentido, hay zonas en el país que se han especializado en este tipo de actividad económica, donde predomina la existencia de establos y granjas.

El sector ganadero mexicano y su industria, ha tenido un gran crecimiento en los últimos años debido a la existencia de importantes recursos externos de rápido crecimiento. De acuerdo a datos oficiales, para el año 2011 la cantidad de cabezas producidas se estimó en una población de más de 579, 456,403 cabezas (cifras preliminares al 2011, SIAP, SAGARPA), ver Figura 2.8.

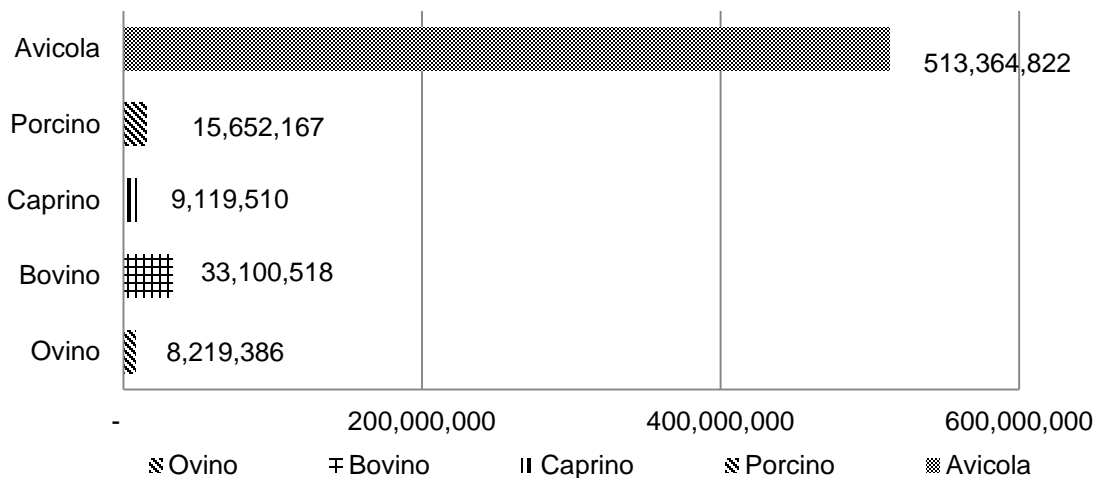


Figura 2.8 Producción de ganado en México

Fuente: (INEGI, 2011)

2.5.2 La ovinocultura mexicana en la actualidad

Actualmente, existen en México alrededor de 8 millones de ovejas de acuerdo a la información de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Agro-negocios y Desarrollo Rural (SAGARPA). Este dato indica que en los últimos 10 años la población de ovinos ha fluctuado entre los 6 y 8 millones de cabezas con una tasa media de crecimiento anual del 1.4%, ver Figura 2.9.

El 49% de la población ovina está concentrada en el centro del país; (Estado de México, Hidalgo, Puebla, Jalisco, Guanajuato, Michoacán y Querétaro); el 23% se encuentra en la zona norte (San Luis Potosí, zacatecas, Tamaulipas, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila y Durango, Sonora y Nuevo León) el 27% en la zona sur Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Campeche, Tabasco y Yucatán y el 1% restante disperso en otros estados del país, ver Figura 2.9.1.

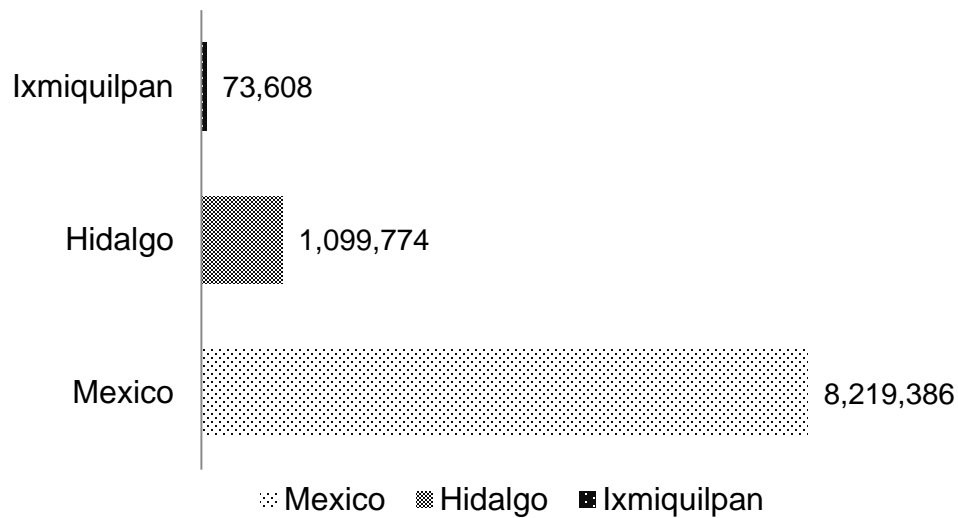


Figura 2.9 Inventario Ovino Nacional

Fuente: (SAGAR - SAGARPA, 2011)

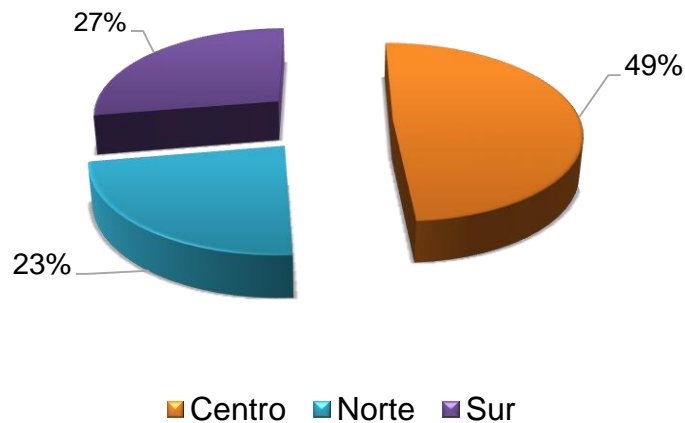


Figura 2.9.1 Porcentaje de participación por zonas en México

Fuente: INEGI- Economía y Participación 2011

En cuanto a razas, la parte norte está dominada por razas cara blanca básicamente rambouillet. El centro del país por cruza cara negra (Suffolk- Hampshire) y en las áreas tropicales y subtropicales por ganado de pelo (Pelibuey-Black Belly). En los últimos años, con la introducción de vientres australianos, las cruza de caras blancas han sido incorporadas a la parte central del país (México, Hidalgo,

Guanajuato, Tlaxcala), iniciándose su encaste hacia el Dorset y el borrego de pelo que día a día avanza su población en climas templados (Castelan, 1999).

Podría considerarse que en los últimos años la población de borregos en México, se ha mantenido, con decrementos en ovinos de lana e incrementos en ovinos de pelo, pese a la repoblación masiva iniciada a partir de 1996 y que a la fecha ha permitido que se incorporen al rebaño nacional alrededor de 370,000 vientres procedentes de Australia, fundamentalmente, e incluyendo en esta cifra los ovinos de pelo nacionales rescatados a partir de 1998 para fomentar el crecimiento de este tipo de explotaciones. Es conveniente hacer notar que los borregos de pelo actualmente ya representan el 23% del inventario ovino nacional, y están con una tendencia permanente de crecimiento en rebaños medianos y grandes con una concepción empresarial (Castelan, 1999).

Es importante destacar que la mayor parte del inventario ovino nacional se encuentra disperso en un gran número de productores, situación que ha dificultado avanzar organizativa y productivamente; sin embargo, en los últimos años, la ovino-cultura ha mostrado signos de reactivación, al existir:

- a) Precios atractivos en el mercado (que están dados por una demanda de carne fresca insatisfecha, apertura de nuevos mercados para la barbacoa en otras regiones del país y nuevas formas populares de consumo de cordero).
- b) Problemas de precios bajos del ganado bovino que propicia la incursión en la ovino-cultura de estos ganaderos.
- c) Apoyos gubernamentales específicos para la ovino-cultura y
- d) Avances significativos en la organización de productores.

En materia de organización los avances han sido lentos, en 1979 se constituye en Tulancingo, Hidalgo, la asociación de criadores de ovinos suffolk, la cual en 1981 se transforma en la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos de Registro. Posteriormente, el 2 de abril de 1990, esa misma asociación se transforma en la actual organización que es la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO).

2.5.3 Hidalgo

Hidalgo cuenta con una amplia tradición borreguera a nivel nacional, el 75% del inventario de ganado ovino, se concentra en las regiones de Apan, Tulancingo, Pachuca, Tizayuca, Actopan e Ixmiquilpan.

En la planicie del centro-sur y Valle de Ixmiquilpan, existe una amplia tradición borreguera sustentada en la producción de cebada y maíz temporaleros, así como engorda estabulada de bovinos y en áreas de riego, se produce leche bovina.

Para el año 2011 la cantidad de cabezas producidas de acuerdo a datos oficiales, cuenta con una población estimada de más de 1, 099,774 cabezas (cifras preliminares al 2011, SIAP, SAGARPA) que representa el 13.4% de la producción total ovina en México.

2.5.4 Ixmiquilpan

Ixmiquilpan cuenta con una población de ganado ovino de 73,608 cabezas (Cifras preliminares al 2011, SIAP, SAGARPA) representando un 6.69% de la producción estatal.

2.6 Producción de estiércol

La cantidad diaria de estiércol producida por los ovinos depende del peso vivo, de

la materia seca ingerida (MS) y de la cantidad de cama aplicada cuando se explotan en su estabulación.

Para la estimación de la producción diaria (P.E.) se han utilizado las expresiones:

$$a) \text{ PE(kg/día)} = 1 + 0.5 (\text{MS ingerida/día} + \text{MS cama aplicada/día}) \quad (1)$$

$$b) \text{ PE (kg/día)} = 4 (\text{MS cama} + 0.5 \text{ MS ingerida}). \quad (2)$$

En la revisión de García Lara (1986), donde se recoge información de diversos autores, se señala que la producción anual de estiércol fresco, sin cama, en estabulación permanente, es de 13.3 kg/kg de peso vivo. Este autor también indica que las producciones diarias de orina y heces pueden alcanzar valores de hasta 1.8 y 3 kg, respectivamente.

La producción diaria de lisier (mezcla de deyecciones líquidas y sólidas), según Nebreda (1980), supone en el ganado ovino entre el 5 y el 6.5% del peso vivo del animal.

Cuando, además de las deyecciones producidas, se considera la cama administrada, suele admitirse que la producción anual de estiércol se aproxima a los 20 kg/kg de peso vivo. Las necesidades diarias de cama para los ovinos se estiman en una quinta parte del peso de las deyecciones producidas diariamente aunque deben aumentarse o disminuirse según sea el poder absorbente de las mismas.

En la tabla 2.2 aparecen algunos datos, suplementarios a los aportados, sobre producción de estiércol del ganado ovino. Evidentemente, cuando los animales permanecen en el establo solo por la noche o durante determinadas épocas del año la producción se estima haciendo las extrapolaciones correspondientes.

La calidad del estiércol de ovino es variable según la calidad de la ración ingerida, tipo y cantidad de cama utilizada, proporción de orina y líquidos, tiempo de almacenamiento, grado de fermentación, etc.

Tabla 2.2 Producción diaria de estiércol del ganado ovino

Deyecciones (kg)		
Animal	Sólidas	Líquidas
Corderos (25-30kg)	0.5-0.7	0.6
Ovejas (40kg)	0.9-1.1	0.9
Ovejas (60kg)	1.4-1.6	1.2
Ovinos (general)	1-1.5	0.5-1

Fuente: (Carbó, 1996)

Se estima que una tonelada de estiércol de ovino contiene 8.2 kg, 2.1 kg y 8.4 kg de nitrógeno (N), óxido fosfórico (P₂O₅) y óxido de potasio (K₂O), respectivamente, aunque otras fuentes de información estiman valores más elevados: 13 kg de N, 4 kg de P₂O₅ y 11 kg de K₂O.

En la tabla 2.3 se refleja la composición de la deyección ovina:

Tabla 2.3 Composición de la deyección ovina

	Agua (%)	MS (%)	MO (%)	N (%)	P₂O₃ (%)	K₂O (%)
Sólidas	57-73	43-27	24-37	0.5-0.7	0.3-0.6	0.1-0.4
Líquidas	89-90	10-11	5-6	1.3-2.5	0.01	2.1-3.3
Mixtas	70-29	30-31	20-29	0.9-1.2	0.2-0.4	1.8-2.5

Fuente: (Carbó, 1996)

La materia seca del estiércol recién sacado es alta, se embebe de agua (lluvia) en las primeras semanas de almacenamiento y posteriormente se va desecando paulatinamente hasta alcanzar niveles de estabilidad. Los contenidos en materia orgánica (MO) total y oxidable sobre materia seca descienden lenta pero constantemente conforme se incrementa el período de almacenamiento.

2.7 Coque

El coque es el residuo sólido, duro y poroso que resulta después de la destilación destructiva o pirólisis de determinados carbones minerales que poseen propiedades coquizantes, es decir, capacidad de transformarse en coque después de haber pasado por una fase plástica, como en el caso de la destilación seca de la hulla o la descomposición de carbones bituminosos en ausencia de aire.

El coque se emplea como agente reductor para la fundición de hierro y como combustible. Tiene un color gris negruzco y un brillo metálico. Contiene fundamentalmente carbono, alrededor del 92%, siendo casi el 8% restante ceniza. El poder calorífico del coque es muy elevado, y por ello durante la Revolución Industrial sustituyó al carbón vegetal como reductor y fuente de energía en los altos hornos. Facilitó el desarrollo de la industria siderúrgica, que dependía hasta entonces de un recurso muy limitado como es la leña.

Durante el coquizado, aproximadamente 34.25% en peso de la carga inicial de carbón se desprende como vapores y gases que son recolectados para su tratamiento. Una tonelada de carbón dará aproximadamente los siguientes rendimientos, ver tabla 2.4:

Tabla 2.4 Rendimientos del carbón.

Coque metalúrgico	545 - 635	Kg
Coque polvo (finos)	45 - 90	Kg
Gas de coque	285 - 345	m³
Brea	27 - 34	Litros
Sulfato de amonio	7 - 9	Kg
Licor amoniacal	55 - 135	Litros
Aceite ligero	8 - 12.5	Litros

(Centralia de México, 2012)

Respecto de los metales y minerales siderúrgicos (destinados básicamente a la fabricación de acero), la producción de coque metalúrgico en México en el 2011, según INEGI, fue de 2, 121,866 toneladas, donde la mayor producción de coque fue en los estados de Coahuila y Michoacán.

2.7.1 El coque en polvo

En la producción de coque de fundición, se genera alrededor del 6.75% de residuos (polvo de coque) y al menos un 59% de coque en trozos con un diámetro inferior a 80 mm.

La producción de polvo de coque es de 143,226 toneladas anuales, según datos de la producción de coque anual en México (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2011). Siendo el municipio de Monclova en el estado de Coahuila el mayor contribuidor de coque ver tabla 2.5.

El polvo de coque (metalúrgico) es una medida inferior a las del coque (por lo general menos de 10 mm).

Tabla 2.5 Volumen de producción de polvo de coque (Tn)

Total	143,226
Coahuila	112,783
Monclova	107,045
San Juan de Sabinas	5,738
Michoacán	30,443
Lázaro Cárdenas	30,443

(Geografía, 2012)

Durante la producción de coque, de la operación de tamizado es donde las piezas y el polvo demasiado pequeño para la fabricación de acero se retiran. El polvo de coque se reutiliza en el sitio (por ejemplo, en la planta de sinterización) o se vende como subproducto. También puede utilizarse como base de un material de

construcción (por ejemplo, "brisa bloques" o "bloques de cemento") o utilizado como combustible de calderas industriales.

En la tabla 2.6 se presentan algunas características del polvo de coque:

Tabla 2.6 Características del polvo de coque

•Carbón fijo	72.0 - 75.0%
•Ceniza	23.0 - 24.0%
•Azufre	0.62 - 0.64%
•Materia Volátil	3.0 - 3.10%
•Humedad	4.0 - 8.0%
•Granulometría	0 X 6mm

(Centralia de México, 2012)

Debido a la cantidad de coque que se produce en México, puede determinarse que ésta es una alternativa como coadyuvante de la formación de "pellets" de estiércol para la generación de energía calorífica.

2.8 Pellets de biomasa

Los "pellets" son un biocombustible estandarizado, cilíndrico, hecho por la compresión de residuos agrícolas, industrial o estiércoles. Los "pellets" son el combustible más estandarizado con alta fiabilidad de operación, requieren menor espacio para el almacenamiento que otras biomasas.

2.8.1 Producción

Se producen por alta presión, no hay que utilizar ningún tipo de aglutinante más que el polvo de coque, porque de lo contrario no sería un producto ecológico. El primer paso para producir los "pellets" es contar con el adecuado suministro de deyecciones ovinas, que hoy día en nuestro país existe en abundancia y muy especialmente en el Estado de Hidalgo.

El material se introduce en un secadero para conseguir que el residuo micronizado tenga un adecuado grado de humedad, para realizar la sinterización en la pelletizadora y con ello producir “pellets” de alta calidad, los cuales se pueden almacenar en bolsas o en silos para su posterior distribución.

2.8.2 Parámetros que influyen negativamente en la producción de “pellets”

- Baja friabilidad, resultando una pérdida de eficiencia energética.

La **friabilidad** es la resistencia que presenta un material a su degradación y rotura de sus vértices y aristas por efecto de una presión exterior (Blazquez, 2009).

- Bajo poder calorífico.
- Cenizas en grandes cantidades.
- Las estufas y calderas sufrirían problemas de durabilidad.

EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

Como se indicó anteriormente, se identificó a Ixmiquilpan como la región con mayores posibilidades de aprovechamiento del estiércol de ganado ovino como fuente de poder calorífico para el sector residencial rural. El producto esperado es en forma de “pellet”, similar a los productos de carbón vegetal que se comercializan actualmente en todo el mundo. Sin embargo, el estiércol de ovino deberá mezclarse con un material adicional para añadir consistencia y poder calorífico, y adicionalmente, un mayor control de variables tales como tamaño del pellet, granulometría, contenido de humedad, durabilidad en almacenaje, eliminación de olores, entre otros. La metodología experimental se resume en los siguientes pasos:

1. Selección de las variables a controlar en la elaboración de los “pellets”
2. Definir los niveles de cada variable para el experimento
3. Seleccionar el método de análisis de poder calorífico de las muestras
4. Seleccionar el mejor diseño experimental
5. Realizar las pruebas en laboratorio
6. Análisis estadístico de resultados
7. Obtención de conclusiones

Inicialmente se desarrollaron pruebas preliminares mezclando estiércol, coque granulado y cal (óxido de calcio, CaO). Los dos primeros son los materiales que aportan el poder calorífico y ciertas propiedades físicas, en tanto que el CaO tendría la función de mantener consistencia, densidad, inhibir olor y control de humedad bajo ciertas condiciones pero sin aportar energía ver tabla 3.1.

Tabla 3.1 Factores de control.

	Factores de control	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
A	% coque	0	10	20
B	%cal	5	10	15
C	% estiercol	95	80	65
D	Tamaño de particula	1/16	1/8	1/2

Sin embargo, durante las primeras pruebas de quemado se observó que la presencia de cal no mejora sustancialmente la calidad del producto final además de generar gran cantidad de ceniza residual e incrementando el costo, por lo que se decidió no utilizar este material ver tabla xxx.

Donde se seleccionaron las variables: porcentaje de coque, cal, estiércol y tamaño de partícula con los siguientes niveles por lo que se escogió un arreglo Taguchi L9 como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Arreglo L9 seleccionado para el diseño experimental

No	A (% coque)	B (%cal)	C (% estiercol)	D (Tamaño de particula)
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Se concluye que el factor del % de coque es significativo con un estadístico de prueba F de 160.13 en la mezcla de pellets y los demás factores no significantes para el poder calorífico ver tabla 3.3.

Tabla 3.3 Análisis de varianza para el poder calorífico

Factores	Suma de Cuadrado	GL	MS	Fo	P-Value
A:% de Coque	7.45935	1	7.45935	160.13	0.0002
B:% de Cal	0.129067	1	0.129067	2.77	0.1713
C:% de Estiércol	0.0322667	1	0.0322667	0.69	0.452
D:Tamaño de partícula	0.00015	1	0.00015	0	0.9575
Total error	0.186322	4	0.0465806		
Total (corr.)	7.80716	8			

En la Figura 3.1 se observa que las líneas con poca pendiente u horizontales representan columnas vacías o error aleatorio.

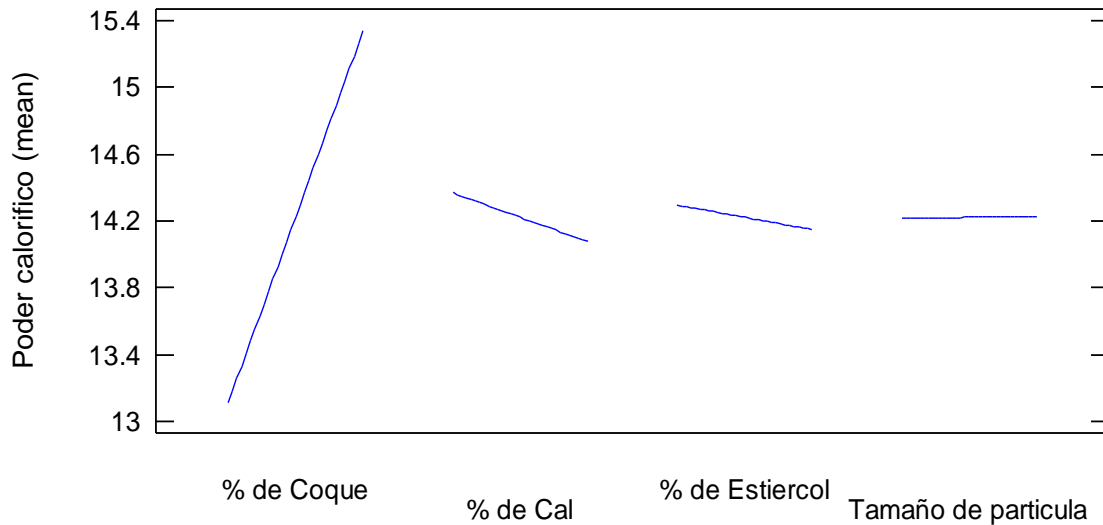


Figura 3.1 Principales efectos sobre el poder calorífico.

Se llega a la misma conclusión que el ANOVA realizado, ya que se denota una línea de alta sensibilidad del % de coque sobre el poder calorífico.

Por lo tanto se realizó otro análisis para conocer cuál es el porcentaje óptimo de coque para el poder calorífico del pellet.

Se seleccionó un arreglo de un solo factor utilizándose el análisis de varianza.

Las corridas de prueba se hicieron de acuerdo a la metodología recomendada para este tipo de arreglos. La variable de respuesta en este caso es el poder calorífico

de las diferentes tipos de mezcla de cada tipo de “pellet”. En la UABC no se dispuso durante el desarrollo de este estudio con la Bomba Calorimétrica Párr. Co para realizar las pruebas por lo que se recurrió a las instalaciones del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Sonora donde se llevaron a cabo las pruebas mediante dos estancias de trabajo en el año 2011 y 2012.

3.1 Poder calorífico del estiércol

La determinación experimental del poder calorífico de las diferentes mezclas de estiércol y coque se realizó en los laboratorios de la Universidad de Sonora (UNISON) Campus Hermosillo. Para esto fue necesario utilizar una prensa de tornillo manual Figura 3.2, la cual permite fabricar “pellets” de 1.1 cm de diámetro y largos comprendidos entre los 1.5 y 2.0 cm.



Figura 3.2 Prensa de tornillo manual para fabricar “pellets”.

Se fabricaron 30 muestras con diferentes proporciones de estiércol y coque granulado, las cuales se dejaron secar durante un periodo de tiempo que varió desde 4 horas hasta 1 día con el fin de reproducir lo más fielmente posible el comportamiento del almacenaje bajo condiciones normales de uso. Esto permitió alcanzar la estabilidad, y bajo tales condiciones se procedió a determinar el

contenido de humedad. El procedimiento se basó en tomar 5 muestras de estiércol-coque y pesar 1-1.3 g de cada muestra húmeda. Estas se secaron en una estufa a 100 ± 5 °C por aproximadamente 24 hrs, se pesaron cada una de las muestras hasta que el peso de cada una de ellas no varió y se calculó el contenido de humedad por la diferencia de peso, arrojando un resultado promedio de 4.75% para la mezcla de estiércol y coque.

$$CH = \frac{P_{inicial} - P_{seco}}{P_{seco}} * 100 \quad (3)$$

Siendo CH el contenido de humedad de las muestras.

Conocido el contenido de humedad, se procedió a fabricar los patrones de referencia: “pellets” de coque y de estiércol.

3.2 Determinación de la Friabilidad

El grado de friabilidad es una medida de la resistencia de las muestras a romperse por golpes o caídas. Se busca que los “pellets” sean lo más resistentes posible a golpes debido al manejo, transportación y almacenaje de manera que no se rompan fácilmente. Las diferentes proporciones de mezcla estiércol/coque tienen distintos grados de friabilidad siendo el estiércol solo el que presenta una mayor fragilidad.

Los ensayos de friabilidad se realizaron simultáneamente cada vez que se terminaba de fabricar los “pellets” de cada proporción. Este ensayo consiste en arrojar uno a uno cada “pellet” de una altura de 1 m hacia un suelo cerámico y observar en cuántas partes se rompe (2, 3 o más partes). Después de ensayados una cantidad igual a 18 “pellets”, se calcula una proporción entre los “pellets” iniciales y los resultantes al final de cada ensayo. La fórmula utilizada para los cálculos de friabilidad se presenta a continuación:

Siendo FR la friabilidad resultante (adimensional), N_i el número de “pellets” al inicio del ensayo y N_f el número de “pellets” al final del ensayo (enteros y fraccionados) (M. Camps Michelena, 2008)

$$FR = \frac{N_i}{N_f} \quad (4)$$

3.3 Ensayos de poder calorífico superior

Este ensayo se realizó en el laboratorio de Química y Metalurgia (UNISON) campus Hermosillo. Para el desarrollo de este ensayo fue necesaria la utilización de una Bomba Calorimétrica Párr. Co (Figura 3.3), la cual se utilizó de acuerdo con el protocolo de medición recomendado y la norma alemana DIN 51900-1: 2000 (DIN 51900-1: 2000). Se seleccionaron 5 muestras de cada una de las proporciones más resistentes al golpeteo de acuerdo a los ensayos previos de friabilidad. Las actividades se ejecutaron en tres etapas:

1. Calibración de la Bomba Calorimétrica Párr. Co, utilizando pastillas de ácido benzoico (C_6H_5-COOH).
2. Determinación del poder calorífico superior de los pellets.
3. Determinación del calor de combustión.

Para la primera etapa se requiere realizar el siguiente procedimiento:

3.3.1 Estandarización del calorímetro

Se utiliza una pastilla de ácido benzoico con un peso entre 0.9 y 1.25 g, se determina la energía equivalente W del calorímetro por medio de la siguiente fórmula:

$$W = \frac{(H*m+e1+e2)}{(T_f-T_0)} \quad (5)$$

Donde:

W = Equivalente energético del calorímetro en cal/°C

H = Calor de combustión del ácido benzoico en cal/g (6318)

m = Masa del ácido benzoico en g

T_f = Temperatura final (°C)

T₀ = Temperatura inicial (°C)

e1 = Equivalente calórico de ácido nítrico (1 cal/ml de NaOH y/o Na₂CO₃ 0.0725 N gastado)

e2 = Equivalente calórico de fusible quemado (alrededor de 2.3 cal/cm).

En la segunda etapa se realiza el siguiente procedimiento:

3.3.2 Determinación del poder calorífico

Se determina el poder calorífico superior de los “pellets” mediante la siguiente fórmula, puesto que la cantidad de azufre y nitrógeno están en bajas concentraciones:

$$H_x = \frac{C_{bomba} * \Delta t - (Q_z)}{m_{comb.}} \quad (6)$$

Siendo H_x la potencia calorífica del combustible (kcal/kg), C_{bomba} es la capacidad calorífica de la bomba (kcal/kg), Δt la variación de temperatura del agua (°C), $m_{comb.}$ la masa del combustible (g) y Q_z es el calor de oxidación del alambre fusible (kcal).



Figura 3.3 Bomba Calorimétrica Párr. Co

En la tercera etapa se realizó el procedimiento:

3.3.3 Determinación de calor de combustión

Sustancias

NaOH y/o Na_2CO_3 0.0725 N

Indicador rojo de metilo (disolver 1 mg/ml de etanol a 60%)

3.3.3.1 Procedimiento

1. Pesar 1.0000 ± 0.0005 g de muestra en un crisol metálico
 2. Colocar la cabeza de la bomba en el soporte y unir los electrodos con un alambre fusible de platino de 10 cm.
 3. Colocar el crisol en el sostenedor de la cabeza de la bomba y ajustar el alambre fusible de tal forma que esté cerca de la muestra.
 4. Colocar 0.5 ml de agua desionizada en el cilindro de la bomba.
 5. Colocar la cabeza de la bomba en el cilindro cuidando de no tirar la muestra.
- Asegurarse que el anillo de contacto esté en su lugar encima del empaque, esto proporciona un buen sellado.

6. Llenar la bomba con oxígeno, alimentando lentamente por la válvula de la cabeza de la bomba. Cerrar el oxígeno al alcanzar 30 atmósferas. El llenado de la bomba no deberá tardar menos de un minuto.

3.3.3.2 Operación del calorímetro

1. Llenar el recipiente del calorímetro con 2000 g de agua desionizada, con la mayor precisión posible.

2. Ensamblar el calorímetro:

i) Colocar la bomba dentro del recipiente con los 2 kg de agua con ayuda de las pinzas sin tirar agua ni muestra. Sacudir las pinzas sobre el recipiente para no perder agua.

ii) Conectar los cables de ignición a las terminales de la cabeza de la bomba.

iii) Colocar la cubierta de la chaqueta del calorímetro en su lugar.

iv) Encender el agitador del calorímetro.

3. Dejar funcionar por aproximadamente 4 minutos para que la temperatura del agua de la chaqueta entre en equilibrio con la del recipiente. Luego tomar la temperatura del termómetro, hasta la centésima de grado más cercana, y registrarla como T_0 .

4. Conectar el equipo de ignición y oprimir el botón de ignición. Si la muestra se quema, prenderá una luz roja, momentáneamente.

5. La temperatura del agua del recipiente subirá y el aparato controla automáticamente la temperatura del agua. Cuando la temperatura del agua del recipiente haya alcanzado un máximo estable y permanecido constante, lo cual ocurre después de aproximadamente 9 minutos, tomar la temperatura y registrarla como T_f .

6. Apagar el agitador, desconectar la fuente de ignición. Remover la cubierta del calorímetro y retirarla. Sacar el recipiente y remover la bomba.
7. Liberar lentamente la presión interna de la bomba, abriendo la válvula de salida; remover la tapa, sacar la cabeza de la bomba fuera del cilindro y colocarla en el soporte.
8. Lavar el interior del cilindro de la bomba con agua desionizada y coleccionar los lavados en un vaso de 100 ml. Titular los lavados con NaOH y/o Na₂CO₃ 0.0725 N, usando rojo de metilo como indicador. Conviértalo al equivalente calórico de ácido nítrico (HNO₃) formado (e1).
9. Remover cuidadosamente y enderezar todos los pedazos no quemados del alambre fusible, medir su longitud total y convertir al equivalente calórico de fusible quemado (e2).

3.4 Cálculos de calores de combustión de muestras

Utilizando la información obtenida como se explicó previamente se calcula un valor promedio de W, con este valor se calculan los calores de combustión de las muestras. Para calcular el calor de combustión de la muestra H_m se utiliza la siguiente ecuación:

$$H_m = \frac{(T_f - T_0) - e1 - e2}{m} \quad (7)$$

Donde:

H_m = Calor de combustión de la muestra en cal/g.

W = Equivalente energético del calorímetro en cal/°C.

m = Masa de la muestra en g.

T_f = Temperatura final (°C).

T_0 = Temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$).

e_1 = Equivalente calórico de ácido nítrico (1 cal/ml de NaOH y/o Na_2CO_3 0.0725 N gastado).

e_2 = Equivalente calórico de fusible quemado (alrededor de 2.3 cal/cm).

3.5 Resultados

La comprobación y el análisis de resultados se realizó utilizando el programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI.I, usando los test de análisis de varianza (ANOVA), el test de comparación de medias para la mínima diferencia significativa (LSD), DUNCAN, el método de Student Newman Keuls, todos con un 95% de confianza.

3.5.1 Friabilidad

En la Figura 3.4, según la prueba LSD (mínima diferencia significativa), la amplitud de los datos observados indica que la friabilidad para las proporciones desde 20% al 40% de coque es relativamente estable, estableciéndose una tolerancia de resistencia al golpeteo en esta última proporción (20% a 40% de coque).

Se acepta como "buena" una resistencia al golpeteo (friabilidad) con un valor de 0.94 o superior. Esto indica que al arrojar 15 "pellets" al suelo cerámico se obtienen sólo 1 "pellets" con diferencia significativa mayor de 5.2% de su peso inicial; obteniéndolo cuando el porcentaje de coque varía entre 20% y 40%. Con una proporción mayor la friabilidad disminuye considerablemente.

La propiedad ligante o adhesiva del estiércol (por el entrelazamiento de las fibras), se manifestó desde el comienzo de la experimentación, demostrando que desde el 20% a 40% de coque los "pellets" son significativamente más resistentes al golpeteo.

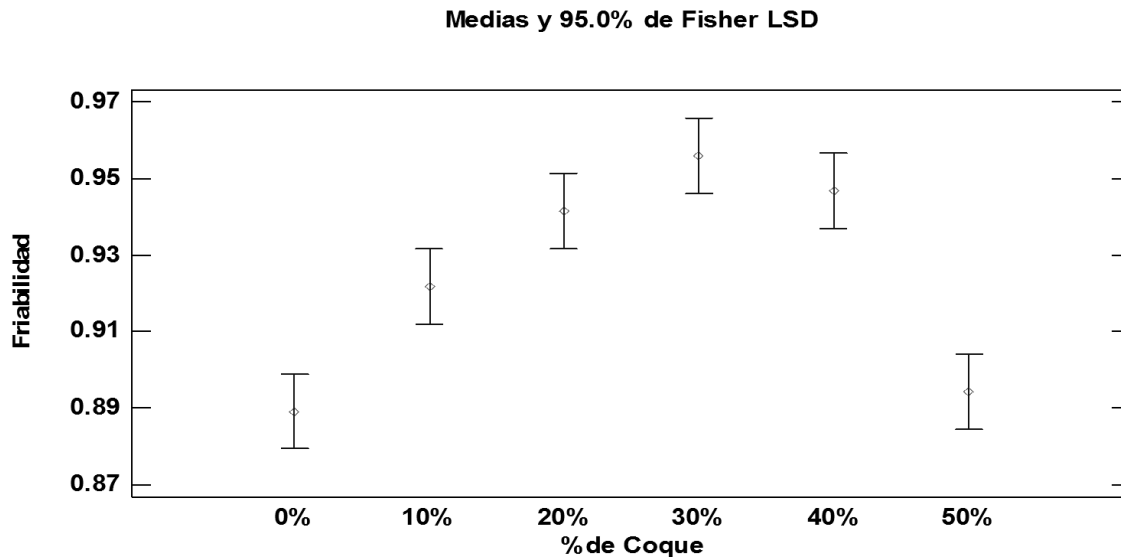


Figura 3.4. Distribución de los datos de friabilidad

El análisis de varianza para la friabilidad (ANOVA), indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias. Mediante el chequeo de la varianza y el análisis de residuos, se determinó que la dispersión de los datos, sigue una distribución normal.

3.5.2 Poder calorífico

En primera instancia se calibró la Bomba Calorimétrica Parr Co, obteniendo un resultado promedio para 10 pastillas de Ácido Benzoico de 2467.4 kcal/kg. Este resultado es fundamental para calcular el poder calorífico superior de los “pellets”. Las proporciones a utilizar según el ensayo previo de friabilidad son de: 20,30 y 40% de coque, por ser las que presentaron mayor resistencia al golpeteo (friabilidad). También se consideró el análisis de poder calorífico en 5 “pellets” de estiércol puro, para tener un patrón de referencia. La Tabla 3.4 considera los poderes caloríficos promedios obtenidos en el ensayo.

Tabla 3.4. Poderes caloríficos promedios

Poderes Caloríficos promedios	
% de Coque	Poder calorífico(kcal/kg)
0	2841.61
20	3811.76
30	4214.14
40	4474.65

El valor máximo obtenido fue de 4474.65 kcal/kg para la proporción de 40% de coque. Sin embargo, se considera óptima la proporción de 30% de coque, puesto que es más resistente al golpeteo; en este punto se estableció un nivel de tolerancia para la friabilidad de los “pellets”, con la finalidad de obtener una combustión más eficiente. La gráfica de estos valores demuestra un crecimiento sustancial a medida que aumenta la cantidad de coque en los “pellets”.

Según el análisis de ANOVA, existen diferencias significativas entre las medias, por lo que al chequear la varianza, se determina que no existen diferencias significativas para la desviación estándar. El análisis de los residuos permite concluir que la dispersión de los datos sigue una distribución normal. De igual forma permite comprobar los supuestos de normalidad, aceptándose la hipótesis nula, donde a medida que aumenta la cantidad de coque en los “pellets”, aumenta también el poder calorífico.

Medias y 95.0% de Fisher LSD

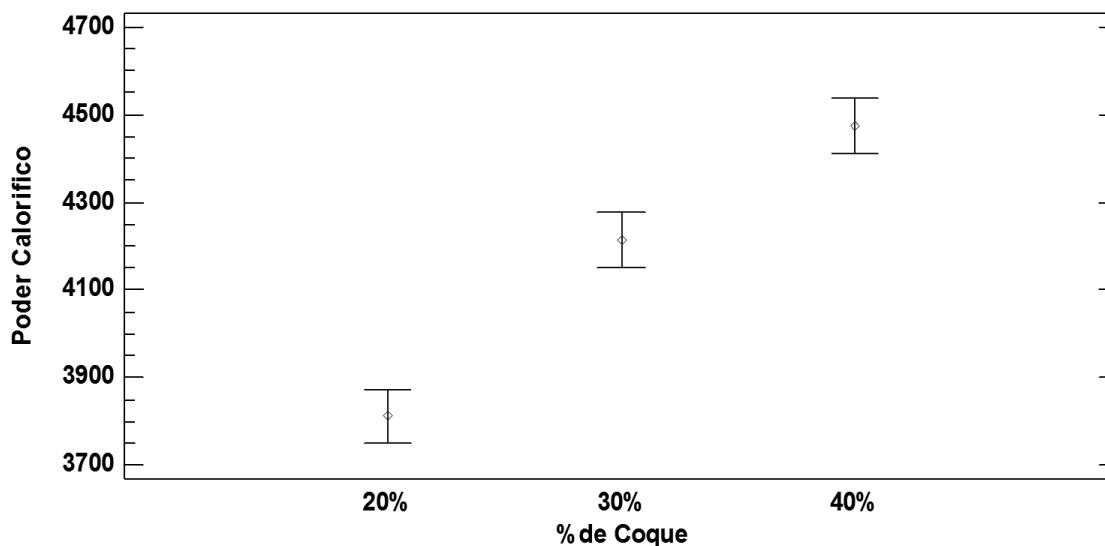


Figura 3.5 Distribución estadística de los datos para el Poder Calorífico.

En la Figura 3.5, se puede apreciar que por la amplitud de los datos, existen diferencias estadísticamente significativas. Se descartan las muestras con proporciones en peso de coque de 0%(solo estiércol) ,10% y 50 % de coque al estar fuera de la tolerancia de resistencia y se acepta como valor máximo de poder calorífico superior la proporción de 40% de coque.

De los resultados obtenidos, se puede inferir que la mejor calidad de los “pellets” se encuentra entre las proporciones de 30% a 40% de coque, con rangos de friabilidad comprendidos entre 0.955 a 0.946 y para el poder calorífico los valores obtenidos se encuentran entre 4214.14 a 4474.65 kcal/kg, respectivamente.

Observaciones

El desarrollo de una producción nacional de “pellets” a partir de estiércol de oveja y polvo de coque requiere niveles de inversión cercana al millón de dólares. Este tipo de proyectos implica además la incorporación de nuevas tecnologías relacionadas

tanto con el pelletizado como con la combustión de los “pellets”, lo que necesariamente involucra el desarrollo de una profunda investigación por parte de las empresas y el gobierno que deseen desarrollar este tipo de iniciativas. Desde otro punto de vista, el análisis de las políticas internacionales relacionadas con el mercado de los biocombustibles y del desarrollo de este tipo de mercados en el mundo, se hace indispensable al considerar la ejecución de este tipo de proyectos. A la fecha en nuestro país no se han desarrollado proyectos de generación de biomasa orientados a la exportación, aunque sí existe un amplio desarrollo en la utilización de los desechos agrícolas, ganaderos o forestales como fuente directa para la generación de energía, principalmente en su aplicación dentro de los procesos industriales propios del sector, ya sea en la alimentación de calderas o biodigestores. Mientras que en el ámbito de la generación de energía en el sector público, esta ha tenido un mucho menor grado de aplicación (en comparación con mercados más desarrollados en los que la generación de energía por concepto de biocombustibles llega a niveles incluso superiores al 30% del total de energía utilizada).

De esta manera el desarrollo de una producción de “pellets” para la generación de energía calórica y su eventual exportación hacia mercados más desarrollados constituye un nicho atractivo para los inversionistas nacionales siempre que las condiciones tanto internas como externas al mercado nacional, relacionadas principalmente con la demanda y los precios de transacción de este tipo de combustibles, así como la estabilidad del dólar, se muestren significativamente más favorables, en comparación con otras alternativas de utilización de los desechos provenientes de la ganadería.

CONCLUSIONES

La propiedad de adhesión natural del estiércol incide directamente en la friabilidad, ya que al aumentar la proporción de esta materia prima los “pellets” se hacen más resistentes.

La densidad varió en el rango de 0.5 a 1.05 g/cm³. Cuando la cantidad de coque comienza a incrementarse, se observa que la densidad aumenta hasta un valor máximo de 1.04 g/cm³ y luego comienza a disminuir. Esto se debe, a que el estiércol ayuda a la compresibilidad del material hasta un punto máximo, pero luego el exceso de coque no permite pelletizar completamente todo el material.

Con un 30% de coque y un 70% de estiércol, la friabilidad alcanza un valor equivalente a 0.94 (1 pellet roto de cada 15) y un poder calorífico superior de 4214.1 kcal/kg originando una ganancia energética de 48.3% con respecto al poder calorífico superior referencial de los “pellets” de estiércol puro (2841.61 kcal/kg).

La combinación óptima para fabricar este tipo de “pellets”, es de 30% de coque y 70% de estiércol, puesto que las características de friabilidad y poder calorífico son las más adecuadas para su manipulación y posterior uso como biocombustible.

El municipio de Ixmiquilpan genera un 6.7 porcentual de ganado ovino y estiércol respecto al Estado de Hidalgo y 0.9% respecto a México.

Las distancias promedio a los municipios y estados (Querétaro, Puebla, Estado de México, Tizayuca, Tulancingo y Apan, etc.) productores de ganado ovino están dentro de 60 a 200 km de distancia no siendo este un obstáculo de logística para el abastecimiento de estiércol de acuerdo a la cantidad que se genera en el municipio de Ixmiquilpan Hidalgo

El polvo de coque por su parte se encuentra en el municipio de Lázaro Cárdenas en el estado de Michoacán, siendo esta nuestra principal fuente de abastecimiento para

la elaboración del pellet ya que se encuentra situada a 358 km del municipio de Ixmiquilpan.

Los “pellets” de estiércol y coque son un combustible muy potente y económico.

Cada 2 kg de “pellets” aportan la misma energía que 1.5 Litros de GLP.

Existen tecnologías para el uso de los “pellets” que se podrían adquirir para este municipio y las zonas rurales, pero estos no son viables de acuerdo un estudio realizado de hogares y su economía ya que no cuentan con el suficiente recurso adquisitivo para obtener un aparato de calefacción de “pellets”.

RECOMENDACIONES

Ampliar el reconocimiento de la biomasa como una fuente energética moderna en el contexto rural, para la generación de energía térmica, eléctrica y consolidar el desarrollo tecnológico en este campo, que constituye uno de los más adecuados para desarrollar, permitiendo atender no solamente usos domésticos, sino también actividades productivas.

Reforzar la presencia y actuación institucional en bioenergía e identificar mecanismos de coordinación intersectorial (energía, agricultura, medio-ambiente, economía, desarrollo rural, entre otros) que permitan una adecuada consideración de las potencialidades de la biomasa energética en los diferentes niveles de decisión.

Promoción de las energías renovables requiere iniciativas que abarcan una amplia gama de políticas: energía, medio ambiente, empleo, fiscalidad, competencia, investigación, desarrollo tecnológico y relaciones exteriores.

El avance de la tecnología asociada al aprovechamiento de las energías renovables y la necesidad de cuidar el ambiente han ubicado a las energías renovables como alternativas a ser consideradas en los planes energéticos y ambientales, presentes y futuros, de cualquier país en el mundo.

Es necesario impulsar el desarrollo tecnológico a través de un plan de acción integral y promover la incorporación de avances en la materia para el desarrollo de los sistemas energéticos. Esto implica, el aseguramiento de la calidad de estos sistemas, capacitación en el diseño, instalación y mantenimiento de los mismos, así como la promoción de empresas con capacidad de servicio.

Realizar un estudio de viabilidad técnico económico para el desarrollo de una planta procesadora de “pellets” de estiércol ovino, en zonas donde el potencial de generación de estos residuos es alta.

Así también generar empleos y mejorar la calidad de vida.

NOMENCLATURA Y UNIDADES

GLP = gas licuado de petróleo.

GN = gas natural.

Kg = kilogramo.

Kcal = kilo calorías.

CO₂ = dióxido de carbono.

CO_x = óxido de carbono.

HC = hidrocarburos.

NO_x = óxido de nitrógeno.

CH₄ = metano.

N₂O = óxido nitroso.

Gha = Giga Hectáreas.

Mha = Mega Hectáreas.

Mtep: Millones de toneladas equivalentes de petróleo.

Twh = Tera watt por hora.

KW = Kilo watt.

MW = Megawatt.

USD = United States dollar.

Km² = Kilómetros cuadrados.

m = metros.

mm = milímetros.

°C = grados Celsius.

N = nitrógeno.

P₂O₅ = óxido fosfórico.

K_2O = óxido de potasio.

Kg = Kilogramo.

m^3 = metro cubico.

T = toneladas.

Ca O = óxido de calcio

Hrs = horas

NaOH= hidróxido de sodio.

Na_2CO_3 = carbonato de sodio.

ml = mililitros.

mg = miligramos.

HNO_3 = ácido nítrico.

C_6H_5-COOH = acido benzoico.

Mbd = Millones de barriles diarios.

GLOSARIO

Cilindros. Nombre común usado para referirse a cualquier envase de gas LP transportable, -usualmente metálico- que independientemente de su capacidad, permite el manejo manual del combustible.

Gas licuado de petróleo. Gas que resulta de la mezcla de propano y butano. Se obtiene durante el fraccionamiento de los líquidos del gas o durante el fraccionamiento de los líquidos de refinación. Fracción más ligera del petróleo crudo utilizado para uso doméstico y para carburación.

Gas natural. Mezcla gaseosa que se extrae asociada con el petróleo o de los yacimientos que son únicamente de gas. Sus componentes principales en orden decreciente de cantidad son el metano, etano, propano, butanos, pentanos y hexanos. Cuando se extrae de los pozos, generalmente contiene ácido sulfhídrico, mercaptanos, bióxido de carbono y vapor de agua como impurezas. Las impurezas se eliminan en las plantas de tratamiento de gas, mediante el uso de solventes o adsorbentes.

Para poderse comprimir y transportar a grandes distancias es conveniente separar los componentes más pesados, como el hexano, pentano, butanos y propano y en ocasiones el etano, dando lugar estos últimos a las gasolinas naturales o a los líquidos del gas natural, para lo cual se utilizan los procesos de absorción o criogénicos.

Durabilidad. Característica de lo que dura o posibilidad de durar mucho.

Pellet. Denominación genérica para referirse a pequeñas proporciones de material aglomerado y comprimido, hoy en día este término se utiliza en conceptos energéticos.

Energía calorífica. Manifestación de la energía en forma de calor. En todos los materiales los átomos que forman sus moléculas están en continuo movimiento ya sea trasladándose o vibrando. Este movimiento implica que los átomos tienen una determinada energía cinética a la que nosotros llamamos calor o energía calorífica.

Ovino. Se aplica al animal rumiante de pequeño tamaño, con pelo en el hocico y cuernos en los machos y en las hembras, aunque en los primeros son mayores y arrollados en espiral: el muflón, la cabra y la oveja pertenecen a los ovinos.

Estiércol. Estiércol es el nombre con el que se denomina a los excrementos de animales que se utilizan para fertilizar los cultivos. En ocasiones el estiércol está constituido por excrementos de animales y restos de las camas, como sucede con la paja. El lugar donde se vierte o deposita el estiércol es el estercolero.

Calefacción. Forma de climatización que consiste en satisfacer el equilibrio térmico cuando existe una excesiva pérdida corporal de calor, disipada hacia el ambiente, mediante un aporte térmico que permite una temperatura ambiente confortable. Estos sistemas son destinados a climatizar, principalmente en invierno, los ambientes interiores de los edificios, casas, locales comerciales, etc.

Comunidades rurales. Se conoce como comunidad rural al pueblo que se desarrolla en el campo y alejado de los cascos urbanos. El concepto puede hacer referencia tanto al pueblo en sí mismo como a la gente que habita en dicha localidad. Las comunidades rurales viven de la agricultura o la ganadería. Por lo general, se trata de regiones donde la industria no está desarrollada y, por lo tanto, la economía es bastante precaria.

Factibilidad. Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas. Generalmente la factibilidad se determina sobre un proyecto

Energía fósil. Se define como aquella que se obtiene a partir de materiales cuyo proceso de formación ha tenido lugar a través de millones de años por la acumulación de materia orgánica en el subsuelo.

Deforestación. Es un proceso provocado generalmente por la acción humana, en el que se destruye la superficie forestal. Está directamente causada por la acción del hombre sobre la naturaleza, principalmente debido a las talas o quemas realizadas por la industria maderera, así como para la obtención de suelo para la agricultura, minería y ganadería.

Patógenos. También llamado agente biológico patógeno es todo agente (o cualquier "ente" en otras áreas fuera de la biología) que puede producir enfermedad o daño a la biología de un huésped, sea este humano, animal o vegetal.

Calidad de vida. Concepto utilizado para evaluar el bienestar social general de individuos y sociedades por sí mismas, es decir, informalmente la calidad de vida es el grado en que los individuos o sociedades tienen altos valores en los índices de bienestar social.

Producción pecuaria. Es un proceso de transformación de una materia prima que proporciona la naturaleza, en este caso e; animal, se obtiene de la aplicación de capital y trabajo del hombre, un producto como, leche, carne, huevo, para satisfacer sus necesidades.

Biomasa. Es la utilización de la materia orgánica como fuente energética. Por su amplia definición, la biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza. En el contexto energético, la biomasa puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Estos recursos biomásicos pueden agruparse de forma general en agrícolas y forestales. También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, y otros residuos derivados de las industrias.

Energía solar. Es la energía producida por el sol y que es convertida a energía útil por el ser humano, ya sea para calentar algo o producir electricidad (como sus principales aplicaciones).

Energía Eólica. Es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transmutada en otras formas útiles para las actividades humanas.

Combustión. Es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego.

Energías renovables. Es la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, solar, la biomasa y los biocombustibles.

Materia orgánica. Es el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos, de residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte.

Producción agrícola: es la denominación genérica de cada uno de los productos de la agricultura, la actividad humana que obtiene materias primas de origen vegetal a través del cultivo.

Hidrocarburos. Son compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno.

Biocombustibles. Es una mezcla de hidrocarburos que se utiliza como combustible en los motores de combustión interna y que deriva de la biomasa, materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

Deyecciones. Materia de residuos de alimento que elimina el organismo por el ano tras la digestión, excremento, deposición, heces.

Fertilizante. Es un tipo de sustancia o denominados nutrientes, en formas químicas saludables y asimilables por las raíces de las plantas, para mantener y/o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo.

Efecto invernadero. Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera terrestre, retienen parte de la energía que la superficie planetaria emite por haber sido calentada por la radiación estelar. Afecta a todos los cuerpos planetarios rocosos dotados de atmósfera. Este fenómeno evita que la energía recibida constantemente vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero.

Carbono. Es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C. Es sólido a temperatura ambiente. Dependiendo de las condiciones de formación, puede encontrarse en la naturaleza en distintas formas alotrópicas, carbono amorfo y cristalino en forma de grafito o diamante respectivamente

Atmosfera. Es la capa de gas que rodea a un cuerpo celeste. Los gases son atraídos por la gravedad del cuerpo, y se mantienen en ella si la gravedad es suficiente y la temperatura de la atmósfera es baja. Algunos planetas están formados principalmente por gases, por lo que tienen atmósferas muy profundas.

Petróleo. Es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos insolubles en agua. También es conocido como petróleo crudo o simplemente crudo. Se produce en el interior de la Tierra, por transformación de la materia orgánica acumulada en sedimentos del pasado geológico y puede acumularse en trampas geológicas naturales, de donde se extrae mediante la perforación de pozos.

Fotosíntesis. Es la conversión de materia inorgánica en materia orgánica gracias a la energía que aporta la luz.

Plagas. El concepto de plaga ha evolucionado con el tiempo desde el significado tradicional donde se consideraba plaga a cualquier animal que producía daños, típicamente a los cultivos. Actualmente debe situarse al mismo nivel que el concepto de enfermedad de forma que debe entenderse como plaga a una situación en la cual un animal produce daños económicos, normalmente físicos, a intereses de las personas (salud, plantas cultivadas, animales domésticos, materiales o medios naturales); de la misma forma que la enfermedad no es el virus, bacteria, etc., sino

la situación en la que un organismo vivo (patógeno) ocasiona alteraciones fisiológicas en otro, normalmente con síntomas visibles o daños económicos.

Fluctuaciones. Es un cambio temporal e indeterminable por el principio de Heisenberg de un estado de energía en otro.

Índice de marginación. El índice de marginación es una medida resumen de nueve indicadores socioeconómicos que permiten medir formas de la exclusión social y que son variables de rezago o déficit, esto es, indican el nivel relativo de privación en el que se subsumen importantes contingentes de población. Este indicador no solo da cuenta del impacto global de los déficits, sino además cumple con las características que hacen posible el análisis de la expresión territorial del fenómeno.

Propiedades termo físicas. Sirven para predecir la velocidad de transferencia de calor en alimentos, Además del análisis de la misma ya sea en enfriamiento o calentamiento ya que se requiere de valores precisos, constantes y uniformes.

Durabilidad. Característica de lo que dura o posibilidad de durar mucho

Metalurgia. Es la técnica de la obtención y tratamiento de los metales desde minerales metálicos hasta los no metálicos. También estudia la producción de aleaciones, el control de calidad de los procesos vinculados así como su control contra la corrosión. Además de relacionarse con la industria metalúrgica.

Energía primaria. Es toda forma de energía disponible en la naturaleza antes de ser convertida o transformada. Consiste en la energía contenida en los combustibles crudos, la energía solar, la eólica, la geotérmica y otras formas de energía que constituyen una entrada al sistema. Si no es utilizable directamente, debe ser transformada en una fuente de energía secundaria (electricidad, calor, etc.).

Cogeneración. Es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (vapor, agua caliente sanitaria).¹ Si además se produce frío (hielo, agua fría, aire frío, por ejemplo) se llama trigeneración.

Energía Térmica. Es la parte de energía interna de un sistema termodinámico en equilibrio que es proporcional a su temperatura absoluta y se incrementa o disminuye por transferencia de energía, generalmente en forma de calor, en procesos termodinámicos. A nivel microscópico y en el marco de la Teoría cinética, es el total de la energía cinética media presente como el resultado de los movimientos aleatorios de átomos y moléculas o agitación térmica, que desaparecen en el cero absoluto.

Agroalimentario. Es la parte de la industria encargada de la elaboración, transformación, preparación, conservación y envasado de los alimentos de consumo humano y animal. Las materias primas de esta industria consisten principalmente de productos de origen vegetal (agricultura), animal (ganadería) y fúngico (perteneciente o relativo a los hongos).

Producción forestal. Se designa con el término de forestación a aquella actividad que se ocupa de estudiar, fomentar y de gestionar la práctica de las plantaciones, especialmente de los bosques, como lo que son, recursos naturales renovables.

Melazas de caña. Es un producto líquido, y espeso derivado de la caña de azúcar y en menor medida de la remolacha azucarera, obtenido del residuo restante en las cubas de extracción de los azúcares. Su aspecto es muy similar al de la miel aunque de color parduzco muy oscuro, prácticamente negro. El sabor es dulce, ligeramente similar al del regaliz, con un pequeño regusto amargo.

Aglutinante. Sustancia usualmente líquida, que se usa para disolver o desleír las sustancias que componen los pigmentos, por ejemplo, agua en la acuarela y acrílico, aceite de linaza para el óleo, clara de huevo para el fresco, etc.

Palma de aceite. La palma de aceite es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie. Con un contenido del 50% en el fruto, puede rendir de 3.000 a 5.000 Kg de aceite de pulpa por hectárea, más 600 a 1.000 Kg de aceite de palmiste.

Bagazo. Se denomina bagazo al residuo de materia después de extraído su jugo.

Refinación del petróleo crudo. Es un proceso que incluye el fraccionamiento y transformaciones químicas del petróleo para producir derivados comercializables.

Forraje: El pasto o alimento herbáceo que consume el ganado.

Altiplano. Es una meseta elevada, que se encuentra generalmente localizada entre dos o más cadenas montañosas recientes (del Terciario o Cenozoico), pero cuyo levantamiento no ocurrió al mismo tiempo.

Fermentación. Es un proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno, siendo el producto final un compuesto orgánico. Estos productos finales son los que caracterizan los diversos tipos de fermentaciones.

Materia seca. Es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio. Es una noción usada principalmente en biología y agricultura.

Poroso. Es la capacidad de un material de absorber líquidos o gases. También es el tamaño y número de los poros de un filtro o de una membrana semipermeable.

Destilación. Es la operación de separar, mediante vaporización y condensación en los diferentes componentes líquidos, sólidos disueltos en líquidos o gases licuados

de una mezcla, aprovechando los diferentes puntos de ebullición de cada una de las sustancias ya que el punto de ebullición es una propiedad intensiva de cada sustancia, es decir, no varía en función de la masa o el volumen, aunque sí en función de la presión.

Pirolisis. Es la descomposición química de materia orgánica y todo tipo de materiales, excepto metales y vidrios, causada por el calentamiento en ausencia de oxígeno.

Hulla. Es una roca sedimentaria orgánica, un tipo de carbón mineral que contiene entre un 45 y un 85 por ciento de carbono. Es dura y quebradiza, estratificada, de color negro y brillo mate o graso. Se formó mediante la compresión del lignito, principalmente en la Era Primaria, durante los períodos Carbonífero y Pérmico. Surge como resultado de la descomposición de la materia vegetal de los bosques primitivos, proceso que ha requerido millones de años. Es el tipo de carbón más abundante.

Carbones bituminosos. Es un carbón relativamente duro que contiene betún, entre el lignito y la antracita en la serie ligno-hullera. Suele ser de color negro, a veces marrón oscuro, presentando a menudo una banda bien definida de material brillante y mate. Las vetas de carbón bituminoso se identifican estratográficamente por la distintiva secuencia de bandas brillantes y oscuras.

Revolución industrial. Fue un periodo histórico comprendido entre la segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX, en el que Gran Bretaña en primer lugar, y el resto de Europa continental después, sufren el mayor conjunto de transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales de la historia de la humanidad, desde el neolítico.

La economía basada en el trabajo manual fue reemplazada por otra dominada por la industria y la manufactura. La Revolución comenzó con la mecanización de las industrias textiles y el desarrollo de los procesos del hierro. La expansión del comercio fue favorecida por la mejora de las rutas de transportes y posteriormente por el nacimiento del ferrocarril. Las innovaciones tecnológicas más importantes fueron la máquina de vapor y la denominada Spinning Jenny, una potente máquina relacionada con la industria textil. Estas nuevas máquinas favorecieron enormes incrementos en la capacidad de producción. La producción y desarrollo de nuevos modelos de maquinaria en las dos primeras décadas del siglo XIX facilitó la manufactura en otras industrias e incrementó también su producción.

Siderúrgica. Es la técnica del tratamiento del mineral de hierro para obtener diferentes tipos de éste o de sus aleaciones. El proceso de transformación del mineral de hierro comienza desde su extracción en las minas. El hierro se encuentra presente en la naturaleza en forma de óxidos, hidróxidos, carbonatos, silicatos y sulfuros.

Tamizado. Es un método físico para separar mezclas se separan dos sólidos formados por partículas de tamaño diferente.

Sinterización. Es el tratamiento térmico de un polvo o compactado metálico o cerámico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para incrementar la fuerza y la resistencia de la pieza creando enlaces fuertes entre las partículas.

Azufre. Es un elemento químico de número atómico 16 y símbolo S (del latín sulphur). Es un no metal abundante con un olor característico.

Granulometría. Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices. El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas.

Densidad. Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia. La densidad media es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

Error aleatorio. Viene determinado por el hecho de tomar sólo una muestra de una población para realizar inferencias. Puede disminuirse aumentando el tamaño de la muestra.

Bomba calorimétrica. Se usa para determinar el Poder Calorífico de un Combustible cuando se quema a volumen constante.

Acido benzoico. Es un ácido carboxílico aromático que tiene un grupo carboxilo unido a un anillo fenílico.

Etanol. Conocido como alcohol etílico, es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78.4 °C.

Crisol. Es una cavidad en los hornos que recibe el metal fundido. El crisol es un aparato que normalmente está hecho de grafito con cierto contenido de arcilla y que puede soportar elementos a altas temperaturas, ya sea el oro derretido o cualquier otro metal, normalmente a más de 500 °C. Algunos crisoles aguantan temperaturas que superan los 1500 °C.

Agua desionizada. Es aquella a la cual se le han quitado los cationes, como los de sodio, calcio, hierro, cobre y otros, y aniones como el carbonato, fluoruro, cloruro, etc. mediante un proceso de intercambio iónico. Esto significa que al agua se le han

quitado todos los iones excepto el H^+ , o más rigurosamente H_3O^+ y el OH^- , pero puede contener pequeñas cantidades de impurezas no iónicas como compuestos orgánicos.

Rojo metilo. Es un indicador de pH. (Fórmula: $C_{15}H_{15}N_3O_2$). Actúa entre pH 4.2 y 6.3 variando desde rojo (pH 4.2) a amarillo (pH 6.3). Por lo tanto, permite determinar la formación de ácidos que se producen durante la fermentación de un carbohidrato. El rojo de metilo se prepara con 0.1 g de este reactivo en 1500 ml de metanol. Una reacción positiva (más o menos) indica que el microorganismo realiza una fermentación ácido láctica de la glucosa por la vía ácido-mixta.

Método de Student Newman Keuls. Es un procedimiento de comparación múltiple por pasos para identificar medias de la muestra que son significativamente diferentes unos de otros

Productos ecológicos. También conocidos como orgánicos, son aquellos que se obtienen sin hacer uso de químicos en su elaboración. Esto significa que pueden ser productos procesados o naturales, pero deben caracterizarse por no contener residuos químicos.

BIBLIOGRAFIA

1. Observatorio Tecnológico de la Energía, 2012. Mapa Tecnológico: Calor y Frío Renovables. Biomasa y Residuos.
2. Instituto para la diversidad de ahorro y energía (IDAE) ,2012.
<http://www.idae.es/index.php/id.665/reلمenu.356/mod.pags/mem.detalle>.
3. Subsecretaría de planeación y evaluación sectorial (SPES), 2010. Producción de Ovino en Canal por Municipio.
<http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/siieh/CUADROS%20AGRICULTURA/IX.86.htm>
4. Luis Bañon Blázquez, 2009. Materiales Pétreos.
5. Calos Buxadé Carbó, 1996. Zootecnia bases de producción animal.
6. Juan de dios Arteaga Castelán, 1999. Problemática de la ovinocultura en México.
7. Centralia de México, 2012. Coque Metalúrgico.
<http://www.centralia.com.mx/productoa.html>
8. Comisión nacional del agua (CONAGUE), 2012. Temperaturas mensuales por entidad federativa.
http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=10
9. Dora de Alonzo, 2012. Uso de biomasa en américa latina.
<http://latinoamericarenovable.com/?p=976>
10. Durán, G. V., Bolaños Medina, A., & Olgúin Prado, L., 2006. La ganadería en México.
11. Secretaría de energía (SENER), 2011. Balance Nacional de Energía. México.
www.energia.gob.mx.

12. Instituto nacional de estadística y Geografía (INEGI), 2012. El sector energético en México.
<http://www.inegi.org.mx/>
13. Anuario estadístico. Hidalgo, 2011. Sistema para la consulta del anuario estadístico de Hidalgo.
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee11/estatal/hgo/default.htm>
14. Instituto nacional de estadística y Geografía (INEGI) ,2011. Anuario de estadísticas por entidad federativa.
15. M. Camps Michelena, F. M., 2008. Los biocombustibles.
16. Malisius, U., 2000. "Wood Pellets in Europe". Industrial Network on Wood Pellets.
17. Pascual Tarín Martínez, 1997. Resultados y discusión del estiércol de ganado ovino.
18. Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera (SAGAR – SAGARPA), (2011). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON).
http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio_2009/compendio_2009/10.100.8.236_8080/ibi_apps/WFServlet53a9.html.
19. Secretaria de Energía (SENER), 2012. Precios de GLP.
20. Secretaria de Energía (SENER), 2012. Prospectiva del mercado de Gas LP.
http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PGLP_2012_2026.pdf

21. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT), (2008).

Informe de la Situación del Medio Ambiente en México.

<http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/informes.aspx>

22. Sistema integral de información del estado de Hidalgo (SIIEH), 2009.

Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

Ixmiquilpan, Hidalgo.

23. The World LP Gas Association (WLPGA), 2012. World LP gas association, statistical review of global LP gas.

<http://www.worldlpgas.com/resources/publications>

APENDICE

TABLA1- FRIABILIDAD

ANOVA para Friabilidad por %de Coque

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0196057	5	0.00392114	17.39	0.0000
Intra grupos	0.00541159	24	0.000225483		
Total (Corr.)	0.0250173	29			

Pruebas de Múltiple Rangos para Friabilidad por %de Coque

Método: 95.0 porcentaje LSD

%de Coque	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0%	5	0.8892	X
50%	5	0.8944	X
10%	5	0.92178	X
20%	5	0.9414	X
40%	5	0.9468	X
30%	5	0.9558	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0% - 10%	*	-0.03258	0.0196009
0% - 20%	*	-0.0522	0.0196009
0% - 30%	*	-0.0666	0.0196009
0% - 40%	*	-0.0576	0.0196009
0% - 50%		-0.0052	0.0196009
10% - 20%	*	-0.01962	0.0196009
10% - 30%	*	-0.03402	0.0196009
10% - 40%	*	-0.02502	0.0196009
10% - 50%	*	0.02738	0.0196009
20% - 30%		-0.0144	0.0196009
20% - 40%		-0.0054	0.0196009
20% - 50%	*	0.047	0.0196009
30% - 40%		0.009	0.0196009
30% - 50%	*	0.0614	0.0196009
40% - 50%	*	0.0524	0.0196009

* indica una diferencia significativa.

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>%de Coque</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0%	5	0.8892	X
50%	5	0.8944	X
10%	5	0.92178	X
20%	5	0.9414	X
40%	5	0.9468	X
30%	5	0.9558	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
0% - 10%	*	-0.03258
0% - 20%	*	-0.0522
0% - 30%	*	-0.0666
0% - 40%	*	-0.0576
0% - 50%		-0.0052
10% - 20%	*	-0.01962
10% - 30%	*	-0.03402
10% - 40%	*	-0.02502
10% - 50%	*	0.02738
20% - 30%		-0.0144
20% - 40%		-0.0054
20% - 50%	*	0.047
30% - 40%		0.009
30% - 50%	*	0.0614
40% - 50%	*	0.0524

* indica una diferencia significativa.

Método: 95.0 porcentaje Student-Newman-Keuls

<i>%de Coque</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
0%	5	0.8892	X
50%	5	0.8944	X
10%	5	0.92178	X
20%	5	0.9414	X
40%	5	0.9468	X
30%	5	0.9558	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
0% - 10%	*	-0.03258
0% - 20%	*	-0.0522
0% - 30%	*	-0.0666
0% - 40%	*	-0.0576
0% - 50%		-0.0052
10% - 20%	*	-0.01962
10% - 30%	*	-0.03402

10% - 40%	*	-0.02502
10% - 50%	*	0.02738
20% - 30%		-0.0144
20% - 40%		-0.0054
20% - 50%	*	0.047
30% - 40%		0.009
30% - 50%	*	0.0614
40% - 50%	*	0.0524

* indica una diferencia significativa.

Verificación de Varianza

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	1.27194	0.308262

<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Valor</i>
0% / 10%	0.00906642	0.0234572	0.149389	0.0926
0% / 20%	0.00906642	0.00942099	0.926145	0.9425
0% / 30%	0.00906642	0.020315	0.199176	0.1472
0% / 40%	0.00906642	0.0128919	0.494585	0.5121
0% / 50%	0.00906642	0.00726636	1.55682	0.6785
10% / 20%	0.0234572	0.00942099	6.19956	0.1050
10% / 30%	0.0234572	0.020315	1.33327	0.7872
10% / 40%	0.0234572	0.0128919	3.31072	0.2730
10% / 50%	0.0234572	0.00726636	10.4212	0.0433
20% / 30%	0.00942099	0.020315	0.215059	0.1658
20% / 40%	0.00942099	0.0128919	0.534025	0.5584
20% / 50%	0.00942099	0.00726636	1.68097	0.6272
30% / 40%	0.020315	0.0128919	2.48315	0.3999
30% / 50%	0.020315	0.00726636	7.81629	0.0714
40% / 50%	0.0128919	0.00726636	3.14773	0.2927

TABLA 2 -PARA EL PODER CALORIFICO

ANOVA para Poder Calorífico por %de Coque

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.11533E6	2	557665.	67.15	0.0000
Intra grupos	99651.9	12	8304.33		
Total (Corr.)	1.21498E6	14			

Pruebas de Múltiple Rangos para Poder Calorífico por %de Coque

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>%de Coque</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
20%	5	3811.76	X
30%	5	4214.14	X
40%	5	4474.65	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
20% - 30%	*	-402.378	125.575
20% - 40%	*	-662.89	125.575
30% - 40%	*	-260.512	125.575

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para Poder Calorífico por %de Coque

Método: 95.0 porcentaje Duncan

<i>%de Coque</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
20%	5	3811.76	X
30%	5	4214.14	X
40%	5	4474.65	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
20% - 30%	*	-402.378
20% - 40%	*	-662.89
30% - 40%	*	-260.512

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para Poder Calorífico por %de Coque

Método: 95.0 porcentaje Student-Newman-Keuls

<i>%de Coque</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
20%	5	3811.76	X
30%	5	4214.14	X
40%	5	4474.65	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
20% - 30%	*	-402.378
20% - 40%	*	-662.89
30% - 40%	*	-260.512

* indica una diferencia significativa.

Verificación de Varianza

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	4.79381	0.0295026

<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Valor</i>
20% / 30%	45.0187	46.2253	0.948473	0.9603
20% / 40%	45.0187	144.047	0.0976737	0.0447
30% / 40%	46.2253	144.047	0.10298	0.0490

COEFICIENTE DE AGOSTADERO POR ENTIDAD FEDERATIVA
(Hectáreas / Unidad Animal) SAGARPA, 2002

Entidad federativa	Mínimo	Máximo	Ponderado
Aguascalientes	7.05	27.86	11.56
Baja California	15.00	45.00	33.92
Baja California Sur	28.00	80.00	52.17
Campeche	1.49	16.40	3.60
Chiapas	0.80	18.90	1.80
Chihuahua	8.00	60.00	20.07
Coahuila	9.90	77.10	26.02
Colima	1.50	12.45	3.77
Distrito Federal	5.05	19.68	11.35
Durango	4.50	41.44	15.70
Guanajuato	6.67	28.14	10.20
Guerrero	1.50	14.50	6.15
Hidalgo	0.80	38.55	6.41
Jalisco	1.92	25.64	8.50
México	5.05	23.42	9.33
Michoacán	1.50	24.46	7.00
Morelos	6.70	19.68	10.85
Nayarit	2.07	26.60	6.35
Nuevo León	4.30	49.20	22.57
Oaxaca	0.80	33.40	4.12
Puebla	0.90	33.40	7.82
Querétaro	3.25	38.72	13.49
Quintana Roo	1.44	16.40	3.72
San Luis Potosí	2.00	61.56	9.80
Sinaloa	1.87	29.10	9.07
Sonora	13.00	46.00	22.36
Tabasco	0.80	16.40	1.94
Tamaulipas	2.13	30.15	11.35
Tlaxcala	4.96	24.43	10.10
Veracruz	0.80	26.34	1.81
Yucatán	1.98	16.40	4.37
Zacatecas	4.92	58.84	14.49

Los coeficientes de agostadero son permanentes. Se calculan para condiciones naturales, es decir, sin considerar el disturbio provocado por mal uso o mejoras de las condiciones de los sitios evaluados. Tienen carácter legal y son vigentes para determinar el tamaño de la pequeña propiedad ganadera. Sin embargo, para fines de manejo actual, los valores que aquí se reportan deberán ajustarse a las condiciones actuales de vegetación, clima, suelo y especie animal que utiliza los recursos de los sitios que se considere, entre otros factores. Nota: La información de este cuadro fue revisada por Cotecoca (2002), determinando que no era necesario su modificación.



Ovino
Población ganadera
2002 - 2011
Cabezas

Especie	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011 *
Aguascalientes	33,218	32,700	34,943	44,068	42,629	42,469	43,827	46,981	49,085	54,961
Baja California	15,862	23,243	28,081	26,935	25,446	25,914	27,955	28,845	29,189	34,998
Baja California Sur	18,297	23,877	27,269	22,348	21,266	21,139	19,413	16,888	18,446	18,446
Campeche	71,866	78,749	81,731	107,039	127,420	130,142	132,460	136,812	136,886	167,265
Coahuila de Zaragoza	108,657	111,950	113,189	104,465	111,289	116,704	120,161	116,128	115,988	117,781
Colima	18,209	19,740	21,183	22,416	25,442	25,695	25,857	30,315	27,661	19,848
Chiapas	255,826	262,479	268,974	275,057	271,006	266,702	267,448	268,623	290,123	295,642
Chihuahua	68,352	80,818	95,324	120,588	139,283	182,940	198,202	208,541	208,756	216,227
Distrito Federal	24,500	23,708	29,342	25,868	22,490	21,390	21,770	21,172	24,242	24,318
Durango	81,079	80,627	82,825	79,352	80,574	81,059	82,849	83,606	83,581	85,327
Guanajuato	270,989	268,202	286,336	302,140	301,782	290,060	294,931	302,500	303,472	303,516
Guerrero	72,195	75,897	70,680	73,026	73,305	74,299	75,468	78,897	79,845	86,432
Hidalgo	807,850	847,385	869,765	882,605	912,034	916,738	992,225	1,037,041	1,065,678	1,099,773
Jalisco	212,286	236,872	238,791	276,734	272,588	272,644	313,893	346,330	343,066	368,895
México	1,061,230	1,270,608	1,268,152	1,251,416	1,260,698	1,150,698	1,213,986	1,295,579	1,289,321	1,307,371
Michoacan de Ocampo	242,988	232,232	236,026	240,268	232,546	238,159	237,882	248,598	249,241	251,235
Morelos	28,231	28,341	30,538	32,387	32,720	33,720	33,590	42,167	42,121	46,196
Nayarit	32,806	33,575	37,639	38,899	40,004	42,057	42,484	41,325	41,414	41,497
Nuevo León	77,264	70,500	73,893	74,906	73,972	75,901	75,988	78,740	78,965	80,170
Oaxaca	529,526	536,781	541,066	530,084	519,197	559,987	565,112	570,423	570,598	500,169
Puebla	432,784	436,120	419,754	428,662	430,561	437,661	440,393	441,188	441,249	462,644
Querétaro	110,944	109,224	120,088	125,507	124,505	154,996	160,623	160,876	159,914	160,879
Quintana Roo	40,756	40,626	48,152	54,974	53,465	53,787	54,897	52,305	52,088	52,928
San Luis Potosí	468,104	465,061	486,110	470,932	470,426	463,676	462,167	461,384	460,667	404,262
Sinaloa	117,878	135,078	142,403	149,096	150,479	205,067	206,287	211,248	211,764	222,999
Sonora	31,905	38,283	41,023	45,736	52,736	50,090	51,208	46,625	60,613	81,667
Tabasco	54,318	57,660	62,735	69,016	72,576	72,800	73,104	82,475	83,566	74,569
Tamaulipas	118,707	139,179	180,742	186,770	192,821	237,942	240,321	240,802	240,972	249,105
Tlaxcala	180,584	168,870	192,798	170,058	181,023	190,366	191,415	218,927	224,367	235,517
Veracruz de Ignacio de la Llave	417,227	436,200	494,128	488,953	476,727	638,119	646,181	660,058	660,348	665,145
Yucatán	77,624	72,661	87,508	102,291	110,557	112,335	115,410	131,872	152,690	151,621
Zacatecas	335,110	352,435	371,688	365,768	396,242	303,747	339,830	341,252	342,673	368,093
Total Nacional	6,417,080	6,819,771	7,082,776	7,207,406	7,287,446	7,478,493	7,757,267	8,018,411	8,105,562	8,219,386
Región Lagunera	4,019	4,460	4,411	4,063	4,547	5,207	4,949	5,180	5,257	5,347
Laguna Coahuila	2,803	3,289	3,288	2,936	3,288	4,086	3,606	3,702	3,724	3,791
Laguna Durango	1,116	1,171	1,122	1,127	1,209	1,121	1,243	1,478	1,533	1,556
Coahuila Delegación	105,754	108,661	109,800	101,529	107,931	112,618	116,555	112,426	111,974	113,990
Durango Delegación	79,963	79,466	81,703	78,225	79,365	79,438	81,606	82,128	82,048	83,771

* Cifras preliminares.

Fuente: SIAP con información de la Delegación de SagARPA.

Nota: Las cifras de los años 2007, 2008 y 2009 para el Inventario de Cuidos e Hidalgo, México, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz difieren de las publicadas con anterioridad debido a la serie.

Hidalgo

Población ganadera, avícola y apícola
2002 - 2011
Cabezas

Especie	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011 ^P
Bovino (carne y leche)	579,792	570,550	592,068	598,777	610,788	648,689	622,525	627,311	635,950	653,180
Bovino para carne	404,947	401,087	409,711	412,052	420,247	453,520	430,678	433,695	436,960	452,564
Bovino para leche	174,845	169,463	182,357	186,725	190,541	195,149	191,847	193,616	198,990	200,616
Porcino	417,639	418,322	414,513	438,842	459,162	479,312	428,302	380,261	311,265	311,265
Ovino	807,850	847,385	859,765	882,605	912,034	916,738	992,225	1,037,041	1,055,678	1,099,773
Caprino	301,640	295,651	276,209	269,700	274,780	270,688	267,961	263,576	263,395	260,526
Ave (carne y huevo)	11,617,762	12,436,077	13,020,713	13,100,455	12,829,689	12,767,173	12,174,260	12,019,425	10,220,824	10,342,225
Ave para carne	9,229,077	10,245,976	10,661,317	10,496,236	10,590,061	11,131,130	10,707,377	10,836,652	9,050,935	9,199,248
Ave para huevo	2,388,685	2,190,101	2,359,396	2,604,219	2,239,628	1,636,043	1,466,883	1,182,773	1,169,889	1,142,977
Guajolote	189,084	142,560	146,120	199,959	209,307	216,362	220,394	221,804	222,558	224,777
Abeja (colmenas)	23,872	22,550	21,044	19,566	22,438	26,217	22,116	22,216	23,471	23,429

P/ Cifras preliminares.
NS Dato no significativo.