



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN GRANJAS
PORCINAS COMO PROPUESTA DE ESTRATEGIA PARA LA
ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

REPORTE DE RESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN

Para obtener el título de Licenciada en Ciencias Ambientales

PRESENTA: Fátima Denisse Acosta Bravo.

Directores de Investigación:

Dr. Ángel Roberto Martínez Campos.

Dr. Francisco Ernesto Martínez Castañeda.

Toluca de Lerdo. Estado de México; Noviembre de 2019

PRESENTACIÓN

Las ciencias ambientales son por hoy una disciplina científica de carácter multidisciplinario y enfrentan un gran reto al buscar la conjunción de la sociedad y la naturaleza en torno hacia un desarrollo sustentable. Encaminar estrategias que permitan mejorar la calidad de vida de la población, no es tarea fácil, pues para lograrlo es preciso considerar los diversos actores que influyen tanto en la problemática como la solución.

Las tecnologías empleadas para lograr el fortalecimiento del mercado global, se han mostrado rapaces para con la naturaleza, pues el consumo de los recursos naturales deja estragos que se ven reflejados en la degradación de los suelos, contaminación de ríos y mares, depredando especies hasta terminar con ellas, afectando la calidad del aire, aniquilando selvas, bosques y desiertos, alterando los ciclos biológicos y el sistema ecológico, y todo para hacer administrable los recursos naturales para convertirlos en bienes materiales, incrementar el consumo y así potenciar el capital financiero global.

El uso de la tecnología se convierten en el nuevo lenguaje de la sociedad moderna; La implementación de técnicas que permitan un dominio mayor hacia los recursos naturales como materia prima que permite su transformación hacia bienes para la sociedad, tiene trasfondos económicos por lo que se enfocan en una relación costo-beneficio para lo cual las tecnologías a utilizar deben ser lo suficientemente efectivas para obtener el mayor beneficio posible de la materia prima.

El que la sociedad tenga como fin principal su comodidad a través del desarrollo científico y tecnológico se ha interpretado como sinónimo de progreso para una mejor calidad de vida, ante esta facilidad para subsistir se presenta de primera instancia un incremento demográfico notorio, lo cual pone en riesgo a la humanidad

y al planeta mismo, pues al basar el progreso en el dominio, el hombre se deslinda del sistema natural y las actitudes y acciones llevadas a cabo estriban en ejercer sojuzgamiento al ambiente sin importar que las consecuencias estén resultando perjudiciales para el planeta en general.

El crecimiento poblacional no sólo tiene que ver con que haya mayor cantidad de gente en el planeta, sino que el espacio que se requiere para el desarrollo de los mismos es mayor, sus demandas de alimento, de servicios públicos, fuentes de trabajo y productos que le ayuden a satisfacer sus necesidades y comodidades son cada vez mayores, por lo que también, sus maneras de producción en todos los aspectos, desde alimentos hasta ocio, tiene que ser masivas, las tecnologías quedan obsoletas más rápido, las cadenas de distribución son cada vez más especializadas y por ende la cantidad de desechos y residuos se vuelve impactante.

El desmedido crecimiento de la humanidad ha traído problemas ambientales de alto impacto, superando la capacidad de resiliencia de la Tierra.

Este estudio plantea como previo a una propuesta de solución, conocer la relación con el medio ambiente y el cómo la técnica juega un papel significativo ante la implementación de estrategias para políticas ambientales, respaldándolo con un proceso experimental bajo condiciones controladas, para así fortalecer el conocimiento y por ende la factibilidad de dichas estrategias, a fin de tener alternativas de solución para los problemas ambientales, ya sea para continuar con las tendencias o para retomar parte de la esencia de la técnica, que permita recuperar la relación entre el hombre y la naturaleza y que los resultados de las estrategias de producción sean lo menos perjudiciales posible.

Para tal efecto, se colaboró con la investigación para la realización del proyecto **PIFI-SEP-P/PROFOCIE-2014-2015MSU0012W-05** intitulado “**Proyecto para la consolidación de la DEE 515 agropecuarias Toluca, El cerrillo**” en el cual se aporta información metodológica y cuantitativa sobre emisión de gases contaminantes a la atmosfera principalmente de metano en granjas porcinas del Estado de México.

Este trabajo conjuga la participación de diferentes sectores entre académicos, estudiantes, investigadores y población y busca aportar una opción de línea de acción que actúe como mitigación y adaptación ante el cambio climático.

Si nos detenemos a identificar las problemáticas ambientales de cada tema en particular podremos identificar más de una, sin embargo; con este estudio se pretende hacer uso de la política ambiental para que una solución bien encaminada a un solo objetivo, resulte funcional a las distintas áreas.

Para lo cual evaluaremos que tan viable es la práctica del aprovechamiento de residuos orgánicos en la alimentación dentro de las granjas porcinas de mediana escala, haciendo una comparación del balance energético y contaminante de los residuos orgánicos por sí solos y cuando son reciclados por los porcinos.

Contenido

ANTECEDENTES DE LA TEMÁTICA-----	5
IMPORTANCIA DE LA PROBLEMÁTICA-----	29
OBJETIVO-----	34
OBJETIVOS ESPECÍFICOS-----	34
METODOS Y TECNICAS DE INVESTIGACION -----	35
OBTENCION DE MUESTRAS-----	39
PREPARACION DE MUESTRAS-----	40
DETERMINACION DE MATERIA SECA: -----	42
DETERMINACION DE CENIZAS -----	43
DETERMINACION DE PROTEINA (Kjeldhal)-----	44
DETERMINACION DE FIBRA BRUTA (ANKOM 200) -----	45
DETERMINACION DE ENERGIA BRUTA-----	46
DETERMINACION DE METANO -----	47
INFORME DE ACTIVIDADES -----	50
ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	59
OBTENCION DE MUESTRAS-----	59
DETERMINACION DE MATERIA SECA: -----	59
DETERMINACION DE CENIZAS -----	60
DETERMINACION DE PROTEINA (Kjeldhal)-----	60
DETERMINACION DE FIBRA BRUTA (ANKOM 200) -----	61
DETERMINACION DE ENERGIA BRUTA-----	62
DETERMINACION DE METANO -----	63
Comparativa de métodos -----	67
CONCLUSIONES-----	71
RECOMENDACIONES FUTURAS-----	73
ANEXOS-----	75
REFERENCIAS DE CONSULTA -----	78

ANTECEDENTES DE LA TEMÁTICA

Cada vez son mayores las afectaciones a los ecosistemas derivadas del cambio climático, “Durante el último siglo se registraron incrementos en la temperatura global que no son explicables en su totalidad por causas naturales, trayendo consigo cambios que van desde el aumento del nivel del mar, hasta alteraciones en el comportamiento de los animales, y se espera un mayor calentamiento y modificaciones aún más importantes en el futuro, la solución al problema y sus consecuencias deben involucrar a todos los países, tomando en cuenta sus diferentes condiciones y capacidades” (Estrada, 2001).

“El deterioro ambiental es un problema complejo que alcanza niveles globales, y amenaza la vida en el planeta. La solución a este, implican decisiones que van desde el cambio de modelo de desarrollo económico hasta medidas tecnológicas específicas” (Castro, M. 2019) Al ser una problemática de impacto mundial, es preciso que las naciones se vean involucradas para trabajar hacia un mismo fin; si bien, no todos los países cuentan con los mismos niveles de desarrollo tecnológico, ni de economía para afrontar tales responsabilidades de la misma manera, sí es necesario tomar acciones en medida de sus posibilidades.

“A escala global, los ecosistemas juegan un papel fundamental en la regulación del clima, tanto en la captura de carbono como en la regulación del ciclo hidrológico, y contribuyen a establecer microclimas regionales. Así mismo, son afectados por las intervenciones humanas en la distribución y cobertura de la vegetación, y por los cambios en el uso del suelo, con consecuencias en las condiciones de microclima, como la temperatura y la precipitación local, de los que dependen en gran medida, la producción agropecuaria y forestal, y la disponibilidad y los usos del agua” (INECC, 2012).

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) define el cambio climático como: un cambio en el clima que es atribuible directa e indirectamente a las actividades humanas, que altera la composición de la atmósfera y que se observa en períodos de tiempo comparables, en forma adicional a la variabilidad climática natural.

“El cambio climático se considera como uno de los factores determinantes del desarrollo humano en el siglo XXI. Definir la mejor forma de adaptarse a las condiciones cambiantes del clima requiere continuos ajustes en el comportamiento de la sociedad y su relación con el medio ambiente, así como de las actividades económicas” (INECC-Semarnat, 2012).

“A los gases que atrapan el calor en la atmósfera se les llama gases de efecto invernadero” (EPA, 2109) y el aumento de la temperatura es atribuible en gran parte al fuerte incremento de las emisiones de estos gases; que si bien, se producen de forma natural en el ambiente, las actividades antropogénicas potencializan su generación mediante la quema de combustibles, actividades industriales, agropecuarias, incluso mediante la descomposición de residuos sólidos; siendo estas dos últimas de gran impacto.

El bióxido de carbono (CO₂) “con mucho, es el principal gas de efecto invernadero antropógeno de larga duración de la atmósfera” (OMM. 2019). La tasa de aumento del CO₂ atmosférico durante los últimos 70 años es casi 100 veces mayor que al final de la última edad de hielo. Hasta donde se sabe por las observaciones directas e indirectas, nunca antes se habían visto cambios tan bruscos en los niveles atmosféricos de CO₂” (OMM. 2019).

“El metano (CH₄) es el segundo gas de efecto invernadero de larga duración más importante y contribuye en aproximadamente un 17% al forzamiento radiativo. Cerca del 40% del CH₄ que se emite a la atmósfera procede de fuentes naturales, mientras que aproximadamente el 60% proviene de fuentes antropógenas” (OMM. 2019).

“Históricamente la calidad del aire y el cambio climático han sido tratados como dos temas de política separada y distinta. Las estrategias de control de la contaminación del aire han sido tradicionalmente centradas en la reducción de las emisiones de contaminantes del aire que son perjudiciales para el medio ambiente o dañinos a la salud, mientras que la política del cambio climático se ha centrado en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero“ (INE, 2010).

Hablar de políticas o acciones en torno al cambio climático, va más allá de solo disminuir emisiones, o tratar de compensar un daño. El impacto que han tenido las consecuencias de dicho cambio afecta más notoriamente en el los países en desarrollo, puesto que no cuentan con el capital financiero ni tecnológico para adaptarse a la velocidad que el sistema lo requiere, la falta de fuentes de trabajo, de insuficiencia de servicios públicos, los bajos niveles educativos, la escases y la dificultad para lograr una vida digna son prioridad; dejando de lado el actuar político y social y la destinación de recursos enfocados al quehacer ambiental.

De hecho, tratar el tema de desarrollo sustentable que bien va de la mano con el cambio climático, pone en una misma mesa de debate lograr esa vida digna tanto humana como silvestre, sin comprometer al ambiente y además lograr el desarrollo con un impacto positivo hacia el entorno, logrando así que las acciones locales tengan un impacto global y el futuro no sea decadente, sino de bienestar y prosperidad.

Para ello la Organización de las Naciones Unidas (ONU) fundó en 1988 el panel intergubernamental de cambio climático que por sus siglas en inglés se conoce como IPCC “intergovernmental panel on climate change” que es un grupo de expertos en el tema de cambio climático, brindando información, reportes, con base científica y tecnológica para buscar mitigación y adaptación ante el cambio climático.

Este ha sido un mecanismo para contar con una base sólida que proporciona recomendaciones que se van tomando por otros actores de política ambiental tanto a nivel internacional como nacional.

Según el cuarto informe del IPCC, desde el inicio de la revolución industrial, cuando se comenzó a quemar grandes cantidades de combustibles fósiles para cubrir las necesidades de energía de los procesos industriales, hasta hoy, la cantidad de CO₂ en la atmósfera se ha incrementado de manera continua en un 32%. Asimismo, el metano, el óxido nitroso y otros gases de origen antropogénico potenciadores del efecto invernadero, también han visto aumentada su concentración en la atmósfera de una manera notable (INECC, 2018).

“El metano, se incluye como uno de los seis gases de efecto invernadero del Protocolo de Kyoto. Las concentraciones atmosféricas de metano han aumentado, como resultado de fuentes tales como la ganadería, el cultivo de arroz, residuos, rellenos sanitarios, estiércol y aguas residuales, la minería del carbono y sistemas de petróleo y gas.” (Isaksen et al, 2009).

“Es un gas potente y de mediana duración, tiene aproximadamente 28 veces el Potencial de Calentamiento Mundial que el CO₂ y su tiempo de vida en la atmósfera es 10 a 12 años aproximadamente” (INECC 2018).

Según datos del (INE, 2010) el metano también actúa como un forzador del clima de corta duración, junto con otros gases contaminantes no contemplados en el Protocolo de Kyoto y sobre los cuales están en curso las negociaciones en el marco de la UNFCCC (Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático) así como el ozono troposférico y el carbono negro.

“Las concentraciones atmosféricas de metano han aumentado en 2,5 veces durante la era agro- industrial (los últimos tres siglos) de unos 700 ppb a la concentración actual global media de 1,770 ppb en el año 2005” (Isaksen et al., 2009). Las tecnologías están disponibles actualmente para la captura y uso del metano como combustible de combustión limpia. Sin embargo, sólo una fracción ha sido capturada

“La mitigación de metano ha sido un componente importante en la Política Nacional de México en materia de Cambio Climático. México ha desarrollado el inventario nacional de gases invernadero desde 1995. La disposición de residuos sólidos municipales, el tratamiento de aguas residuales, las emisiones fugitivas de gas natural y la agricultura son fuentes de emisión clave del inventario nacional de emisiones de GEI. Estas son también incluidas como fuentes clave en los inventarios estatales, con variación de acuerdo al nivel de urbanización y especialización sectorial en cada estado” (INE, 2010)

“Las cantidades de contaminantes, y la rapidez con que se producen, no permiten que la naturaleza logre asimilarlos, creándose un desequilibrio a nivel planetario” (Guzmán, k, 2017). Así pues, sugiere el Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio climático (IPCC) 1996, que las emisiones de CH₄ pueden reducirse disminuyendo la fuente o mediante la recuperación de CH₄ y/o la reducción de desechos sólidos. La cantidad de desechos sólidos orgánicos puede reducirse reciclándolos y recuperar el metano generado para utilizarlo como fuente de calor o electricidad.

Según CONACYT, 2012, la ganadería contribuye significativamente a acelerar el cambio climático, principalmente, a través de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), tales como: el metano (CH₄) y el bióxido de carbono (CO₂); ambos producidos a partir de las heces excretadas por los animales domésticos.

Los sistemas pecuarios son altamente exigentes en recursos ya que requieren espacio suficiente para desarrollarse, utilizan alimentos concentrados, complementos alimenticios, grandes cantidades de agua y energía eléctrica y la generación de residuos que ahí se dan no suele tener un manejo adecuado, por lo que la contaminación de los desechos afecta suelos y mantos freáticos, haciendo que los sistemas productivos pecuarios sean uno de los más contaminantes.

Las emisiones de metano en la ganadería se relacionan directamente con los sustratos presentes en la dieta suministrada, las cuales afectan el nivel de consumo y la frecuencia de la alimentación, por ello una subnutrición contribuye a incrementar las emisiones. La manipulación de la dieta se considera una alternativa viable para aminorar la producción de metano y a la par disminuir las pérdidas energéticas en el animal. (Carmona J. 2005)

El manejo que tienen los sistemas productivos influye directamente en el medio en el que se desarrollan, “se establece así una clara interconexión entre el cambio climático y la dinámica de los ecosistemas, pues no solo importa entender los efectos que las alteraciones en el clima pueden tener sobre los ecosistemas y las especies que los habitan, sino que la destrucción o degradación de los ecosistemas puede potenciar los impactos del cambio climático” (INECC, 2012).

A pesar de la importancia de la ganadería como sector económico, existe una comunidad activa muy reducida en México interesada en el vínculo de la ganadería con las emisiones de metano como GEI. “La caracterización del hato ganadero es una información clave para estimar los coeficientes de actividad, aplicar modelos de

balance de energía para estimar emisiones por fermentación entérica y proyectar las emisiones” (González, A. Ruiz, S. 1995).

“El desarrollo porcino se ha intensificado, uno de los problemas que esto trae consigo, es el incremento en la producción de excretas y en consecuencia un aumento en los niveles de emisiones contaminantes” (FAO 2007), por lo cual es de suma importancia prestar atención en las dietas que se manejan en el desarrollo porcícola.

El procesamiento y uso de residuos orgánicos procesados en la alimentación animal es una actividad todavía poco valorada y estudiada en México, a pesar de que representa una importante alternativa para apoyar la producción de alimentos de origen animal, como se ha demostrado en otros países (Figuroa, 1989; Hesecker et al., 1996). En ese sentido, el reciclaje de los residuos sólidos orgánicos en la alimentación animal, contribuiría a limitar el uso de rellenos sanitarios y basureros a cielo abierto como forma de disposición final de los desechos, que además, en el mediano y largo plazo tiene un alcance limitado e incluso puede contaminar el suelo, subsuelo, y por tanto, los mantos freáticos.

Trabajar para lograr un desarrollo pecuario sustentable puede comenzar con métodos relativamente simples y no tan costosos, haciendo uso de técnicas para valorar opciones de la alimentación, modificando las cantidades de nutrientes y con ello la composición química de las excretas, buscando minimizar las emisiones contaminantes y obtener el mayor y mejor desarrollo del animal para obtener carne de calidad sin comprometer la estabilidad del microsistema.

Una de las grandes ventajas que se presentan en los sistemas porcinos es la gran capacidad de estos animales para procesar lo que ingieren, obteniendo el mayor aprovechamiento de nutrientes para su desarrollo y reproducción.

En México, el uso empírico de los residuos orgánicos de consumo humano (escamocha) para la alimentación de los cerdos se remonta a los inicios de la porcicultura en la Colonia, como su principal fuente de nutrición, (Suárez y Barkin, 1990) y hasta nuestros días como actualmente se sigue reportando su uso en el Estado de México y ciudad de México dentro de la porcicultura urbana, (Motta et al. 2001).

Este punto es de suma importancia, pues facilita la producción porcícola ya que la alimentación no se ve tan limitada a diferencia de otras especies, teniendo una amplia gama de residuos orgánicos a utilizar para generar la escamocha y que al ser mezclada con un alimento balanceado lograr generar el crecimiento del animal cómo se tiene proyectado.

No obstante, es importante el aporte de los investigadores para determinar si esta opción de alimentación es adecuada, no solo por costos, sino por el aporte nutritivo que pueda brindar al animal, así como el impacto ambiental que tengan las excretas en el ambiente.

Los residuos tanto orgánicos cómo inorgánicos que se generan en las granjas porcinas no suelen tener un tratamiento adecuado, por lo que se convierte en un problema de contaminación de aire, de suelo y agua.

“La producción de carne de porcino guarda una gran relevancia dentro de la ganadería mexicana, al representar aproximadamente una cuarta parte de la carne que se produce en el país y ubicarse como una de las carnes más demandada en el medio rural, en donde la producción de traspatio se ha mantenido como fuente de abastecimiento de carne para esa población. El cerdo o porcino se cría en casi todo el mundo, principalmente como fuente de alimento, por su alto valor alimenticio, alto en proteínas y por su exquisito sabor” (Financiera Rural 2012).

“La actual consolidación del mercado internacional de productos primarios y secundarios de origen animal para el consumo humano ha impulsado el desarrollo agropecuario en el contexto global” (Muñoz, M. 2015). En México, la producción de carne de cerdo está por detrás de la de res y pollo (SIAP-SAGARPA, 2007). La carne de cerdo es la más consumida en el mundo, su producción duplica la de res y triplica la de pollo.

Esta actividad se ha desarrollado en tres grandes estratos productivos: tecnificado, semitecnificado y de traspatio. “En el Estado de México los tipos de estratos productivos predominantes han sido el semitecnificado y el de traspatio” (Anónimo 2005b) “El tecnificado ha cobrado relevancia al incrementar paulatinamente su participación en el volumen total de la producción de carne de cerdo, misma que a finales de los años noventa fue de 50%. El semitecnificado ha decrecido ante las presiones económicas y la falta de competitividad, de ahí que solamente aportó alrededor de 20 % de la producción nacional. El de traspatio o familiar se ha mantenido debido a su concurrencia a mercados locales y al autoconsumo, que difícilmente son cubiertos por alguno de los estratos anteriores. Este último contribuyó con 30% de la producción nacional” (Batres *et al.* 2006).

Su importancia económica radica en la contribución al ingreso familiar, en mejorar la alimentación y complementar la producción sin necesidad de recurrir a las importaciones de grano (Schwentenius y Gómez, 1991; Kato *et al.*, 1995). Los animales son alimentados con esquilmos (subproductos agrícolas e industriales) y generalmente con escamocha y otro tipo de residuos provenientes de panaderías, restaurantes y mercados locales. Sin embargo, la producción con estos productos hace que se requiera de largos periodos de cría y engorda para alcanzar el peso al mercado, por lo que su eficiencia productiva es considerada como relativamente baja (Santos *et al.*, 1996; Herrera *et al.*, 1998).

Los cerdos están adaptados y desarrollados para la producción de carne, dado que crecen y maduran con rapidez, tienen un periodo de gestación corto, de unos 114 días, y pueden tener camadas muy numerosas. Son omnívoros y consumen una gran variedad de alimentos. Como fuente de alimento, convierten los cereales, como el maíz, el sorgo, y las leguminosas, como la soya, en carne. Además de la carne, del cerdo también se aprovechan el cuero (piel de cerdo) para hacer maletas, calzado y guantes, e incluso en México ésta es consumida en forma de chicharrón (piel frita); las cerdas de la piel del animal, se utilizan para confeccionar cepillos. Son también fuente primaria de grasa comestible, aunque, en la actualidad, se prefieren las razas que producen carne magra. Además, proporcionan materia prima para la elaboración de embutidos como el jamón, salchichas y chorizo (financiera rural 2012).

En México la matanza se realiza en rastros ó *in situ*, el Estado de México cuenta con 41 rastros municipales, 18 privados y 5 tipo inspección federal (TIF), de los cuales solamente 3 son dedicado a la matanza de cerdos, cuya inspección recae en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en la matanza *in situ*, es muy difícil contabilizar el total de animales que se sacrifican ya que no se tiene ningún control, tanto por el número y condiciones sanitarias (SAGARPA, 2009).

La porcicultura mexicana muestra una tendencia a la concentración de unidades de producción. Existen diferencias marcadas entre los datos del INEGI y de las asociaciones de poricultores, pero considerando el nivel de tecnología del hato nacional, el 40% corresponden a granjas no tecnificadas, donde se encuentran las de tipo familiar y de traspatio, el 30% a semitecnificadas y 30% a las tecnificadas (ASERCA, 1996).

La producción de traspatio es mantenida por mujeres, niños y ancianos; en este tipo de producción se tiene desde un cerdo en engorda hasta varias hembras reproductoras. El tipo genético de los animales tiende a no considerarse importante, predominando razas nativas, se consideran como rústicos debido a su alta resistencia a enfermedades y gran adaptabilidad al medio en el que se encuentran. (Martinez, F. 2012)

Otra característica del sistema de producción familiar es que no se cuenta con infraestructura específica para la producción de cerdo, y comúnmente se improvisan los corrales, destinando un espacio donde se le brinde lo necesario al animal, y tienen como destino el autoconsumo y el abasto local.

Los porcinos que se producen en traspatio, también denominado sistema rural o de autoabastecimiento, generalmente son mantenidos en corrales rústicos contruidos sin tecnología alguna con materiales de la región. Este tipo de producción se da principalmente en las zonas rurales de nuestro país y son explotaciones de pocos animales, en algunos casos no pasan de 10. Estos animales son como alcancías para sus dueños, porque los venden cuando necesitan dinero, o los consumen cuando hay fiestas (Financiera Rural, 2012).

El sistema participa en las cadenas productivas rurales, urbanas y suburbanas no formales, por lo que las variaciones en precios aparentemente no les afectan en demasía. Los principales caminos de transformación se llevan con matanza in situ y satisface pequeños mercados regionales, autoconsumo y venta a través de procesamiento a manera de platos preparados, “carnitas” principalmente (carne frita en manteca) o en menor proporción embutidos frescos.

Las unidades pequeñas y de traspatio, requieren una reevaluación en todos sentidos, no solo en indicadores técnicos sino además en cadenas de subproductos y la vinculación a proyectos (Suárez, 1995). Este sistema se utiliza en todas las zonas del país, tanto rurales como urbanas. Los indicadores de producción son bajos, las prácticas de manejo son deficientes, la sanidad es prácticamente nula.” los países en desarrollo dependen de la importación de insumos para la producción animal. Los productos agrícolas adquiridos de esta forma granos forrajeros 60% y semillas oleaginosas 90% son los más significativos desde el punto de vista económico por ser utilizados en la fabricación del alimento concentrado que se suministra a los animales” (Muñoz, M. 2015).

De acuerdo con ASERCA (1996) representaba el 40 % del censo y participaba con el 30% del total de producción nacional, el número de animales varía entre 5 y 50. Las unidades pequeñas y de traspatio, requieren una reevaluación en todos sentidos, no solo en indicadores técnicos sino además en cadenas de subproductos y la vinculación a proyectos (Suárez, 1995).

La porcicultura semitecnificada, contribuye con un 30 % de la producción y representa el 30 % del censo nacional, el rango de vientres en este estrato va de 150 a 500 de media, los niveles de producción varían notablemente. Al existir una tecnificación media el confinamiento se hace en grupos, aunque cuentan con producción de pie de cría y engorda, existe una dependencia genética, el reemplazo lleva la selección de las líneas de cebo (ASERCA, 1996).

Los niveles de tecnificación utilizados en este estrato son variables, la infraestructura y medidas sanitarias no son del todo adecuadas. Algunos elaboran su propio alimento, pero la mayoría utiliza alimento balanceado comercial, aumentando sus costes de producción. La industrialización es a través de mataderos municipales así como privados que atienden principalmente a mercados regionales y locales, pequeños centros urbanos y en ocasiones ciudades (SAGARPA, 1998).

Los sistemas tecnificados utilizan e incorporan los avances tecnológicos de punta, el grado de integración vertical y horizontal es prácticamente total, iniciando con la cría de progenitores y líneas terminales garantizando la calidad de los animales destinados a engorda y la estandarización de los animales enviados al mercado. Disponen de plantas de alimentos, así como sistemas de alimentación automatizados y a nivel de transformación industrial, las grandes empresas cuentan con rastros o mataderos, principalmente de Tipo Inspección Federal (TIF) y la tendencia es incorporar obradores (salas de despiece), etc, permitiendo a este productor ofertar el producto que se está demandando y reteniendo el valor agregado que se genera. Los niveles de sanidad y las normas de bioseguridad se mantienen con estrictos estándares de calidad (SAGARPA, 1998).

Las existencias nacionales promedian de 300 a 1,000 cerdas reproductoras por unidad, aunque existen gran número de empresas altamente calificadas con volúmenes superiores a 5,000 vientres y su censo representa el 30 % del total nacional (ASERCA, 1996) y se estima que cubre el 50 % de la producción total del mercado doméstico (SAGARPA, 1998).

La distribución regional del inventario de cerdos y de la producción de carne, es un fiel reflejo de las grandes diferencias, en la productividad, que existe en el país. El desarrollo de la porcicultura sin importar su tamaño o nivel de tecnificación, juega un papel muy importante a nivel nacional por los aspectos políticos, económicos, rurales incluso culturales y también ambientales (Martínez, F, et al. 2012).

Los sistemas productivos se enfrentan a un fuerte reto, pues además de tener que ser rentables económicamente, tienen que buscar minimizar sus impactos ambientales, reducir sus emisiones contaminantes en dos áreas muy importantes, mitigación de gases de efecto invernadero y lograr un manejo integral de sus residuos.

Todo proceso productivo genera residuos de manera inevitable; en los vertederos, el CH₄ representa 50% de las emisiones actuales, el Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 1996) menciona que las emisiones de CH₄ pueden reducirse disminuyendo la fuente o mediante la recuperación de CH₄ y/o la reducción de desechos sólidos. La cantidad de desechos sólidos orgánicos puede reducirse reciclándolos y las emisiones de metano pueden reducirse recuperando el metano generado para utilizarlo como fuente de calor o electricidad.

La incorporación de residuos orgánicos no es una práctica nueva, sin embargo, al ser solo una actividad implementada de manera cotidiana por los productores, no se ha dado el respaldo real para la evaluación de su importancia y factibilidad. Por la misma razón se ha utilizado únicamente como complemento de una dieta y la cantidad de escamocha incorporada no se ha medido.

La alimentación de los cerdos debe estar basada en dietas que contengan niveles nutricionales adecuados a la genética, etapa fisiológica, estado de la unidad de producción porcina, condiciones ambientales en donde estén alojados y al manejo al que estén sometidos los mismos (Fuentes et al. 1989).

Sin embargo, al no contar con una adecuada separación de residuos municipales, no se tiene la certeza de la cantidad de desechos orgánicos que se producen, debido a eso su disponibilidad para integrarlos a la alimentación animal no se podría concretar de manera precisa, trayendo complicaciones para establecer un uso definido o especificar el nivel de uso que se podría dar.

Es un área de oportunidad para la disposición final que se podrían dar a este tipo de desechos y se podría dar un valor agregado al ser reutilizados como alimentos para la producción de carne, que además de cubrir una demanda alimenticia es también un activador económico para las familias que se dedican a ello.

En los sistemas de producción animal los residuos tienen un fuerte impacto ambiental; la producción de cerdos de forma intensiva genera grandes volúmenes de estiércol, para los cuales se han desarrollado diferentes sistemas de tratamiento, (Gonzales et al. 2010) menciona que en México se usan los sistemas aeróbicos y anaeróbicos para reducir las excretas, sin embargo, su implementación requiere de altos costos, por lo que solo las granjas tecnificadas cuentan con la capacidad técnica y económica para la implementación de las instalaciones necesarias.

En México se recolectan cada día, en promedio, 86 mil 343 toneladas de residuos sólidos urbanos, que son los generados en las viviendas, parques, jardines y edificios públicos, principalmente, de los cuales únicamente el 11% de los residuos sólidos recolectados son separados o segregados desde su origen, el resto son recogidos sin selección alguna. La recolección promedio diaria por habitante a nivel nacional es de 0.769 kg (INEGI, 2013).

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la generación de residuos sólidos municipales se incrementó nueve veces. Actualmente, estima que se recolecta únicamente 83% del total de los residuos generados, sólo poco más de 49% se deposita en sitios controlados, "Hasta el día de hoy la gestión de los residuos se ha centrado principalmente en un único aspecto, la eliminación de los mismos (hacerlos desaparecer de la vista) a través de basurales, rellenos sanitarios y en algunos casos, de incineradores. Estas soluciones de final de tubería, como se las denomina, no tienen en cuenta la necesidad de reducir el consumo de materias

primas y de energía, y plantean serios riesgos para el medio ambiente y la salud de las personas” (UNMDP, 2019).

“Los resultados arrojados por el Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el año 2010, puntualizan la generación de 6, 484,000 t anuales de desechos sólidos urbanos procedentes del servicio de colecta del Estado de México”(INECC, 2013).

El conocimiento de la cantidad de metano (CH₄) y bióxido de carbono (CO₂) que se produce de los residuos sólidos municipales de nuestro país permite, no solo establecer su importancia dentro del efecto invernadero, sino también el establecer políticas para el manejo adecuado de estos gases, mediante su incineración para la destrucción de metano y/o para la obtención de energía.

“ La composición de los residuos sólidos que en su mayoría es de origen orgánico es importante para determinar el potencial de generación de biogás que se podría utilizar en el aprovechamiento de RSU para reducir las emisiones de metano” (INECC, 2013).

Sin embargo tener un inventario de emisiones contaminantes por residuos orgánicos es difícil de obtener puesto que entran en juego diversos factores; por un lado los residuos no se encuentran en un sitio definido, ya que existen muchos tiraderos clandestinos, calles y terrenos que se convierten en puntos de disposición y por otro lado las condiciones climáticas como la temperatura, lluvia, vientos, altura, etc. influyen en la reacción química de las emisiones que generan los residuos durante su tiempo de descomposición.

Los países en vías de desarrollo se encuentran en gran desventaja respecto a los industrializados al no contar con los procesos limpios de producción y las tecnologías para generar productos respetuosos del ambiente que se ajusten a los criterios y

normas ecológicas que se apliquen cada vez más a los productos en los países importadores del primer mundo.

México ha tenido en años recientes, un claro liderazgo en el tema del combate al cambio climático, mismo que ha sido reconocido ampliamente por la comunidad global y al interior de nuestro país. En buena medida, el nivel de interés en el tema es resultado de reconocer, por un lado, la responsabilidad común que todos tenemos en la solución de este problema mundial y, por el otro, sus impactos crecientes en nuestra sociedad y nuestro medio ambiente.

En general, en México se ha comenzado a tomar en cuenta las cuestiones ambientales, considerando así algunos temas en torno a las problemáticas de esta índole, llevando a cabo acciones particulares que tocan temas como el cambio climático, la degradación y cambio de uso de suelo, aprovechamiento de recursos forestales, contaminación de cuerpos de agua, entre otros, a través de la gestión ambiental, dentro de la cual contempla cuestiones normativas y participativas de diferentes sectores. “Los esfuerzos aislados (bajo el entendido de que hubiese tales acciones virtuosas) de empresarios, organizaciones civiles, centros de investigación, sindicatos, gobiernos federales, estatales y municipales, asociaciones religiosas, partidos políticos y cualquier otra manifestación de la vida asociada” (Aguilar, M, et. Al. 2017) pueden llegar a tener un impacto positivo y fortalecerse si se trabaja en conjunto.

A pesar de manejar buenas políticas sobre la gestión ambiental, estas no han sido eficientes, por lo que la opción del sistema integrado de regulación directa y gestión ambiental busca lograr niveles de coordinación entre los distintos órdenes de gobierno.

“Definir la mejor forma de adaptarse a las condiciones cambiantes del clima requerirá continuos ajustes en el comportamiento de la sociedad y su relación con el medio

ambiente, y de las actividades económicas. Así, la adaptación se define como aquellos ajustes y medidas en los sistemas humanos y naturales, que son necesarios para reducir los impactos negativos del cambio climático y aprovechar sus aspectos positivos” (INECC, 2012).

La Ley General de Cambio Climático (LGCC), publicada el 6 de junio de 2012, establece definiciones, distribuye competencias y señala atribuciones en los tres órdenes de gobierno; asimismo, define los principios y los instrumentos básicos para la política de cambio climático y plantea los objetivos tanto para la política de adaptación como para la de mitigación, así mismo, la Administración Pública Federal (APF), considera cuatro componentes fundamentales para el desarrollo de una política integral para enfrentar el cambio climático: Visión de Largo Plazo, Mitigación, Adaptación, y Elementos de Política Transversal.

Dentro de la discusión sobre el papel de la planeación en los elementos y criterios para una estrategia nacional de adaptación, es importante resaltar estos cuatro aspectos:

“1.- La adaptación es un proceso y no un estado final. Este enfoque es particularmente importante porque permite tomar en cuenta las dinámicas socioeconómicas y geopolíticas de las sociedades e incorpora la perspectiva de que la adaptación es un proceso de aprendizaje que requiere el seguimiento y la revisión constantes de las políticas, planes y acciones.

2.- Es necesario trascender los esquemas tradicionales en dos aspectos que impactan de manera directa el diseño y la instrumentación de las políticas públicas:

- a) Llevar la planeación a ser interdisciplinaria y multidimensional (dejando atrás la planeación unidimensional y sectorizada).

- b) incorporar iniciativas y acciones de abajo hacia arriba, tomando en cuenta el conocimiento local y el papel de los individuos y las organizaciones de la sociedad civil en las políticas y estrategias de adaptación (dejando atrás la planeación con acciones de arriba hacia abajo).

3.- Es fundamental el seguimiento y la evaluación de los resultados de la adaptación, como componentes de un proceso de monitoreo adaptativo, en relación con los objetivos y las metas planteadas. Hay que considerar que las circunstancias locales determinan qué opciones de adaptación son viables, qué tipo de información puede usarse y cómo deben ser tomadas las decisiones de adaptación” (INECC,2012).

4.- “La conservación y restauración de los ecosistemas que generan los servicios ambientales clave para las actividades socioeconómicas y para amortiguar los desastres naturales” (INECC,2012).

El cambio climático constituye una amenaza fundamental para el desarrollo económico sostenible y la lucha contra la pobreza. El Banco Mundial ve con preocupación que, de no adoptarse medidas audaces ahora, el calentamiento del planeta puede hacer que la prosperidad sea inalcanzable para millones de personas y provocar el retroceso de décadas de avance en el proceso de desarrollo.

Para apoyar las opciones de adaptación, entendiéndolas como “ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos” y la mitigación de emisiones mediante acciones destinadas a reducir las emisiones de las fuentes, o mejorar los sumideros de gases y compuestos de efecto invernadero (Diario Oficial de la Federación 06-06-2012). “En el Estado de México, de manera similar y en armonía con el marco institucional, el punto de partida lo constituye la Ley de Cambio Climático del Estado de México, cuyo objetivo es establecer las disposiciones para la adaptación y mitigación al cambio climático” (Aguilar, M, et. Al. 2017).

Desafortunadamente en un 2019 con un cambio político histórico muy importante en México, el Plan Nacional de Desarrollo no comprende la importancia de una política ambiental, pues dentro de este plan, que se vuelve medular para el desempeño de estrategias ambientales en lo estatal y municipal, únicamente se destina un párrafo referido al desarrollo sustentable que literalmente refiere lo siguiente:

“Desarrollo sostenible

El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar. Se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Esta fórmula resume insoslayables mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos que deben ser aplicados en el presente para garantizar un futuro mínimamente habitable y armónico. El hacer caso omiso de este paradigma no sólo conduce a la gestación de desequilibrios de toda suerte en el corto plazo, sino que conlleva una severa violación a los derechos de quienes no han nacido. Por ello, el Ejecutivo Federal considerará en toda circunstancia los impactos que tendrán sus políticas y programas en el tejido social, en la ecología y en los horizontes políticos y económicos del país. Además, se guiará por una idea de desarrollo que subsane las injusticias sociales e impulse el crecimiento económico sin provocar afectaciones a la convivencia pacífica, a los lazos de solidaridad, a la diversidad cultural, ni al entorno.” (DOF, 2019)

Sin embargo, el enfoque al que se dirige este pilar, va en un sentido de apoyo a personas con:

- discapacidad
- apoyo a adultos mayores
- becas escolares y económicas
- reconstrucción de viviendas afectadas por los pasados sismos

- créditos para negocios.
- salud y cultura de paz.

Es inaudito el nivel de concepción que se puede tener en torno al desarrollo sustentable y a la importancia al medio ambiente en sí. Para poder llevar a líneas de acción en pro de cualquier sector de una nación, se toma como base el Plan Nacional de desarrollo que corresponde a la administración en turno, una “política ambiental se encuentra fundamentada en la mejora ambiental y el cumplimiento de la legislación relacionada” (EEE, 2015).

A nivel estatal se cuenta con el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) que “toma en cuenta las principales características sociales, económicas y ambientales de cada estado; las metas y prioridades de los planes de desarrollo estatales; el inventario estatal de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en los años 2005 y 2010 y los escenarios climáticos de los sectores que emitan dichos gases en las regiones determinadas. En ellos se identifican acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de los sistemas naturales y humanos de interés para el estado”(INECC 2013)

Donde se establece como principal objetivo “Reducir las emisiones de metano provenientes de la disposición y descomposición de residuos sólidos urbanos” (INECC 2013).

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de Teoloyucan, estado de México, es un municipio de carácter rural en el que la actividad porcina se considera como de gran importancia. Si bien el caso de estudio es en este municipio, no es un asunto aislado, pues el estado de México y muchos otros de la república mexicana

desarrollan esta actividad económica, y se enfrentan a todas las complicaciones que ya hemos comentado.

La legislación en materia ambiental que ha desarrollado México, es una de las más completas a nivel internacional y a pesar de las lagunas que puedan existir, algunos gobiernos siguen haciendo el esfuerzo por favorecer el desarrollo sustentable. Para nuestro caso de estudio, es alentador saber que en su bando municipal 2019- 2021 contempla la materia ambiental en las siguientes disposiciones:

“ARTÍCULO 156. La dirección de medio ambiente, tendrá las siguientes atribuciones:

I. Formular, conducir y evaluar la política ambiental municipal, así como aplicar los instrumentos de política ambiental federales y estatales conforme su competencia...

VIII. Coadyuvar en la atención de los asuntos que afecten al equilibrio ecológico del municipio con otros municipios y que generen efectos negativos al ambiente en su circunscripción territorial; Promover y fomentar la educación, difusión, información e investigación ambiental en coordinación con las autoridades e instituciones educativas, asociaciones, sociedades y la ciudadanía...

XVII. Verificar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas y normas técnicas estatales en materia de emisiones a la atmósfera, residuos sólidos, contaminación por ruido, vibraciones, malos olores y contaminación por energía térmica, lumínica y electromagnética, para el vertimiento de aguas residuales en los sistemas de drenaje, alcantarillado y saneamiento que administre el municipio...

XIX. Concertar acciones en materia de protección y restauración del equilibrio ecológico, recolección, transportación, tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como protección y bienestar animal, con otros municipios del Estado y con el sector privado...

XXI. Vigilar que la cría, producción, posesión y traslado de los animales domésticos en el territorio municipal se desarrolle en un ambiente de bienestar y trato digno, sin que se les martirice o ejerza actos de crueldad;

CAPÍTULO II. DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. ARTÍCULO 157. La dirección de medio ambiente, ejercerá sus atribuciones y obligaciones en materia de residuos, en el ámbito de su competencia, de conformidad con lo que se establece en el artículo 8 de la Ley General de Residuos y demás disposiciones jurídicas de la materia

I. Formular y actualizar el programa municipal para la prevención y gestión Integral de los residuos sólidos urbanos, en coordinación con la dirección de servicios públicos...

II. Verificar que los generadores de residuos sólidos urbanos y de manejo especial cuenten con las autorizaciones de las autoridades estatales para el manejo de estos residuos y registro ante la autoridad municipal; así como que lleven una bitácora en la que registren el tipo y cantidad de residuo...

V. Promover y fomentar la participación de todos los sectores de la sociedad en acciones destinadas a reducir y dar un manejo integral, ambientalmente adecuado, inofensivo a la biodiversidad y económicamente eficiente a los residuos sólidos urbanos y de manejo especial

TÍTULO DÉCIMO PRIMERO DEL DESARROLLO ECONÓMICO Y SUSTENTABLE
CAPITULO I DE DESARROLLO ECONÓMICO Y AGROPECUARIO

ARTÍCULO 172. El ayuntamiento fomentará el desarrollo económico sustentable, promoviendo programas entre los ciudadanos y ciudadanas, las vocaciones

productivas, capacitaciones para el empleo local; fomento agropecuario, industrial, comercial, rural, turístico y de servicios en el municipio, además, participará directamente en las materias que considere necesarias para el desarrollo integral del municipio, en coordinación con las instancias de los gobiernos Federal y Estatal...

ARTÍCULO 179. El ayuntamiento, con el objetivo de delinear la política pública municipal en materia de desarrollo económico y agropecuario, emitirá los reglamentos y disposiciones legales que regulen el registro, ejercicio, funcionamiento y empadronamiento de cualquier unidad económica dentro del territorio municipal; y podrá suscribir convenios en esta materia con los gobiernos Federal y Estatal...
(Bando municipal 2019)

Como podemos darnos cuenta el ayuntamiento tiene como disposiciones lograr esta integración ecológica, social y económica sin embargo no cuenta con herramientas que le proporcionen líneas de acción para lograr más eficientemente esos resultados, por lo que es preciso este tipo de investigaciones que fortalezcan el desarrollo sustentable basado en investigaciones con un respaldo de especialistas en la materia. Y que de obtener resultados favorables puedan ser ejecutados en pro de un bien común.

IMPORTANCIA DE LA PROBLEMÁTICA

“La adaptación es evidentemente local. La dimensión territorial juega un papel de primera importancia en el diseño de políticas públicas y cobra especial relevancia en nuestro país. La heterogeneidad geográfica, social y cultural plantea dificultades que no pueden resolverse con políticas uniformes. Las acciones de adaptación que la gente ha desarrollado por generaciones de manera inconsciente, pueden ser ahora sistematizadas. De entre esas acciones, es posible identificar las que son costo-efectivas y las que requieren ser impulsadas con recursos humanos o financieros especializados” (INECC, 2012).

Mientras que la política ambiental ha estado trabajando desde lo internacional hacia lo local, algunas estrategias y líneas de acción que pudieran ser catalogadas como tradicionales quedan devaluadas al buscar ser competitivas, ante un mercado global.

El voltear a ver el contexto en el que nos encontramos como país permite entender cuáles serían las herramientas de innovación para las que estamos preparados y cuales otras tendrán que ser replanteadas a fin de encaminar de mejor manera el desarrollo sustentable. Comenzar a actuar desde lo local brinda la oportunidad de cambiar la visión, pues al atender temas en específico a pequeña escala los resultados se verán reflejados de manera directa.

En el caso particular de residuos sólidos orgánicos y porcinos, una opción es evaluar factores de emisión mediante balances energéticos relacionados con la productividad ganadera y experimentación de laboratorio. “La alimentación representa alrededor del 65% de los costes de producción en el periodo de finalización, debido a ello la optimización en el uso de los recursos alimenticios se establece como una prioridad. La adecuada elección de una fuente alimenticia ayuda a controlar el coste del alimento y produce un efecto favorable en la salud y variables productivas de los cerdos” (García, AC. et al, 2012).

Una adecuada gestión de residuos nos permite dar un valor agregado a materiales que se pueden revender como el vidrio, papel, plástico y metales, sin embargo quedan de lado los residuos orgánicos, “cuando se habla de residuos orgánicos se hace referencia a aquellos residuos que provienen de restos de productos que se pueden degradar o desintegrar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica, como los restos de comida, frutas, verduras, huevos, entre otros” (González, V. et al. 2016). Hoy en día el uso de residuos orgánicos se usa solo para generar compostas o tratar suelos, la idea es buscar otras maneras de reincorporarlo al sistema

“Los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala, se convierten en una alternativa de solución frente a lo antes mencionado; ya que estos sistemas representan aproximadamente el 50% de los sistemas de producción porcina y la utilización de residuos para la alimentación del ganado no es una práctica ajena” (Martínez, E; Perea, C., 2012)

La corriente de desechos orgánicos, se traducen, en fuente de materias primas para la producción de otros productos, o recuperación de energía, lo que contribuye a la producción económica y a la vez que proporciona beneficios para la salud y la reducción de la contaminación del aire que pueden hacer importantes contribuciones para el cambio climático y al desarrollo de países con bajos ingresos. (IPCC, 1996).

“La producción porcina, como cualquier otra producción, requiere insumos que proporciona la naturaleza, y produce, de forma privada, además de productos de valor económico que son apropiados, una serie de residuos que si no son asimilados por la naturaleza imponen a la sociedad un costo en forma de contaminación. El impacto ambiental de los desechos porcinos incluye, además de las repercusiones directas sobre los recursos hídricos, de suelos y el aire, factores de perturbación como olores, ruidos y plagas de insectos, y efectos indirectos sociales y políticos,

que son imposibles de cuantificar” (FAO 2003). El análisis permanente y regular del entorno que afectan a la producción porcina y el contexto en el cual puede desarrollarse en el futuro, son fundamentales en los esquemas de planeación y política y en el diseño de estrategias y acciones a seguir.

La aplicación de políticas públicas de adaptación orientadas a sectores sociales específicos, se justifica en aquellos ámbitos en donde se detectan grupos con alta vulnerabilidad social; su aplicación en estos grupos proporciona, por sí misma, beneficios sociales directos al reducir la vulnerabilidad social, fortaleciendo sus capacidades para actuar en un amplio intervalo de variabilidad climática en beneficio propio, con beneficios sociales más amplios, como reducción de costos económicos por desastres o pérdida de productividad (INECC, 2012).

Así, las políticas de adaptación deben incorporar los impactos económicos de distintos escenarios a nivel desagregado, considerando la identificación de los actores sociales, las condiciones geográficas particulares, y la dimensión temporal. (Agrawala y Frankhauser, 2008); consideran que aunque no se conoce con certeza cuáles son los impactos y costos por el cambio climático, la instrumentación de determinadas políticas de adaptación se justifica por sí misma, ya que todas ellas tienen el propósito de incrementar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad ante impactos climáticos extremos. “Esto generaría beneficios sociales positivos, incluso en ausencia de cambio climático” (INECC, 2012).

Con estrategias precisas que favorezcan la reducción de la fuente de residuos orgánicos, como el aprovechamiento del metano y otros beneficios que se vean reflejados en condiciones ya sea sociales y/o económicas, se obtienen efectos positivos en el ambiente, tales como la mejora en la calidad de la atmosfera local, disminución de contaminación en suelo y agua, así como la reducción de malos olores, fauna nociva y disminución de focos infecciosos.

La importancia del tratamiento de los residuos radica en que facilita la recuperación del valor económico de los materiales y sus propiedades energéticas, disminuyendo consumo y presión sobre los recursos naturales involucrados en su producción y alargando la vida útil de los subproductos, facilitando la disposición final.

“Desde el punto de vista económico, el estudio de la adaptación al cambio climático se enfoca en la estimación de costos y beneficios asociados a las medidas de adaptación, así como en medir el impacto del cambio climático.” (INECC, 2012). Aunque se conoce apenas la configuración que un futuro cambio climático podría tener a escala regional, está claro que estos cambios locales y regionales conllevarán a impactos globales.

Los impactos al ambiente y en la salud humana debidos al inadecuado manejo de los RSM, necesitan el establecimiento de principios y bases para integrar una política que comprenda estrategias para lograr su control más eficiente y reducir su generación, así como que estimule sistemas de tratamiento que sean viables desde las perspectivas técnica, económica, social y ambiental, y que permitan su reúso, reciclado, y la recuperación de su valor calorífico, según corresponda y sea factible.

La importancia de una política ambiental bien estructurada desde lo nacional hasta municipal es lo que permite que los gobiernos locales estén respaldados por instituciones gubernamentales, educativas y científicas, que se destinen recursos económicos para llevar a cabo proyectos de y sumen la participación de la ciudadanía.

Cuando se presentan estas incongruencias entre los niveles de gobierno o las administraciones por líneas partidistas, cualquier proyecto se ve directamente afectado hacia su ejecución, pues no se les da el seguimiento correspondiente a trabajos que ya se estaban realizando o bien, no se destina presupuesto hacia esas áreas que no han sido contempladas en un plan de desarrollo.

Estos hechos complican de manera significativa el que los gobiernos estatales y municipales cumplan con sus objetivos, por lo que es preciso buscar alternativas de solución que coadyuven a lograr las metas sin que esto signifique un desequilibrio para las otras áreas de desarrollo.

OBJETIVO

Determinar el balance energético y el potencial del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos utilizados por los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala y definir su viabilidad como propuesta de estrategia para la adaptación y mitigación del cambio climático.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.-** Determinar el contenido energético de los residuos sólidos orgánicos utilizados en la alimentación del ganado en los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala.

- 2.-** Estimar el potencial contaminante de los residuos sólidos orgánicos que forman parte de la alimentación del ganado en los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala.

- 3.-** Determinar el contenido energético de las “heces” generadas en la producción de ganado porcino en los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala.

- 4.-** Determinar la importancia del uso de residuos sólidos orgánicos como parte de la dieta en la crianza de cerdos en los sistemas de producción de pequeña y mediana escala en las diferentes etapas de crecimiento.

METODOS Y TECNICAS DE INVESTIGACION

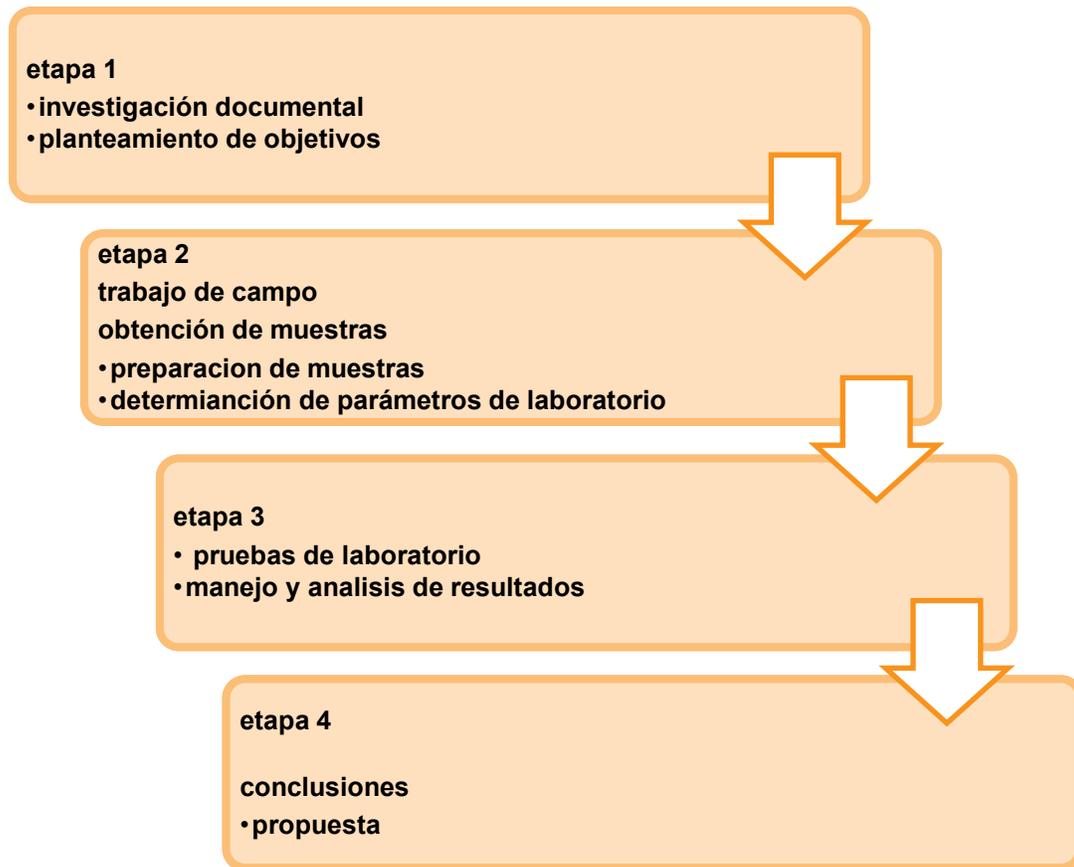
En particular esta investigación se llevó a cabo en el municipio de Teoloyucan, Estado de México, por ser un sitio que desarrolla la actividad de crianza porcina, partiendo de una recolección de muestras de alimentos, así como de heces en granjas porcinas de mediana escala, para determinar el aprovechamiento energético y la disminución de gases contaminantes o de efecto invernadero.

Para este estudio se llevaron a cabo diferentes fases: visita a campo para muestreo, análisis de laboratorio que incluyen bomba calorimétrica, cámaras dinámicas, determinación de humedad, materia seca, cenizas totales, fibra, grasas y proteínas.

Para ello se tomó en cuenta una clasificación por etapa de crecimiento de los cerdos que van de 60 a 105 días de edad (2 a 3.5 meses de edad) como primera etapa, como segunda de 106 a 135 días de edad (4.5 meses de edad), y la tercera va de los 136 hasta los 152 días de edad (5 meses de edad), consideradas de esta manera, ya que en la primer fase la alimentación está basada en alimento prefabricado con una mínima porción de escamocha, a partir de la segunda, es cuando se agrega a la dieta del animal el suministro de escamocha, y en la etapa final el principal alimento son los residuos sólidos orgánicos.

El estudio que se presenta en este reporte, plantea una metodología cuantitativa y experimental la cual se divide en 4 etapas que se presentan en la figura 1.

Figura 1: etapas de la investigación



Fuente: elaboración propia.

Para el desarrollo del trabajo se definió un objetivo general y cinco específicos, para exponer de manera más clara que técnicas fueron utilizadas para lograr cada uno de ellos y con qué finalidad podemos revisar la tabla 1:

TABLA 1: TÉCNICAS POR OBJETIVO

OBJETIVO	TECNICA	APORTE
<p>-Determinar el contenido energético de los residuos sólidos orgánicos utilizados en la alimentación del ganado en los Sistemas de Producción Porcina de Pequeña y Mediana Escala.</p>	<p>-Recolección de muestras en campo, de los residuos sólidos orgánicos utilizados en la alimentación de ganado en los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala.</p> <p>-Tratamiento de laboratorio</p> <p>Materia seca (AOAC, 2012).</p> <p>Cenizas (AOAC, 2012).</p> <p>Proteína (Kjeldhal)</p> <p>Detrminación de fibra (ANKOM 200)</p> <p>Energía bruta (oxygen bomb calorimeter parr).</p>	<p>-Análisis real del aporte energético que puede brindar el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos utilizados en la alimentación de ganado en los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala.</p>
<p>-Estimar el potencial contaminante de los residuos sólidos orgánicos generados por el ganado en los Sistemas de Producción Porcina de Pequeña y Mediana Escala.</p>	<p>-Recolección de muestras en campo, de los residuos sólidos orgánicos generados en la producción de ganado en los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala.</p> <p>-Tratamiento de laboratorio</p> <p>Materia seca (AOAC, 2012).</p> <p>Cenizas (AOAC, 2012).</p> <p>Proteína (Kjeldhal)</p> <p>Detrminación de fibra (ANKOM 200)</p> <p>Energía bruta (oxygen bomb calorimeter parr).</p>	<p>-Análisis real del potencial contaminante que emiten los residuos sólidos orgánicos generados por el ganado en los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala.</p>

Metano IPCC		
Determinar el contenido energético de las heces generadas en la producción de ganado en los Sistemas de Producción Porcina de Pequeña y Mediana Escala.	-Recolección de muestras en campo, de las heces generadas en la producción de ganado en los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala. -Tratamiento de laboratorio Materia seca (AOAC, 2012). Cenizas (AOAC, 2012). Proteína (Kjeldhal) Determinación de fibra (ANKOM 200) Energía bruta (oxygen bomb calorimeter parr).	-Análisis real del aporte energético que pueden brindar las heces generadas los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala.
Determinar la importancia del uso de residuos sólidos orgánicos como parte de la dieta en la crianza en los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala en las diferentes etapas de crecimiento.	Interpretación y análisis de resultados de pruebas bromatológicas. Comparación entre resultados de metodologías. Análisis y discusión de los resultados de laboratorio con el contexto dado en antecedentes e importancia de la problemática.	Definir la viabilidad para la utilización de residuos sólidos orgánicos en granjas porcinas. Propuesta de mitigación y adaptación para el cambio climático.

Fuente: elaboración propia.

OBTENCION DE MUESTRAS

Para la obtención de muestras se identificó previamente las etapas de crecimiento de los cerdos y el alimento suministrado a cada etapa, tal cómo se da en campo, que van de los:

- 60 a 105 días de edad.
- 106 a 135 días de edad.
- 136 hasta los 152 días de edad.

Para tomar las muestras se requiere contar con el equipo de seguridad que es un traje de tela de cuerpo completo, botas plásticas, cubre bocas y guantes. Posterior a ello se entra a la granja y se va ingresando a cada corral que sea requerido, Las muestras de heces fueron colectados directamente del recto de los cerdos con las manos cubiertas con guantes y depositadas en las bolsas previamente marcadas para su identificación y posteriormente se colocan en una hielera para mantenerlas a una temperatura ambiente controlada y ser trasladadas de manera segura al laboratorio.

La inclusión de alimento y residuos orgánicos por etapa, están definidas en la tabla (2), los insumos fueron Alimento comercial, pollo y escamocha. Los residuos orgánicos fueron cocidos durante 30 minutos. El alimento balanceado es proporcionado al inicio de la mañana y una vez que se ha consumido se ofrece la mezcla de residuos (pollo y escamocha).

TABLA 2. PROPORCIÓN DE ALIMENTO SUMINISTRADO DEPENDIENDO LA ETAPA.

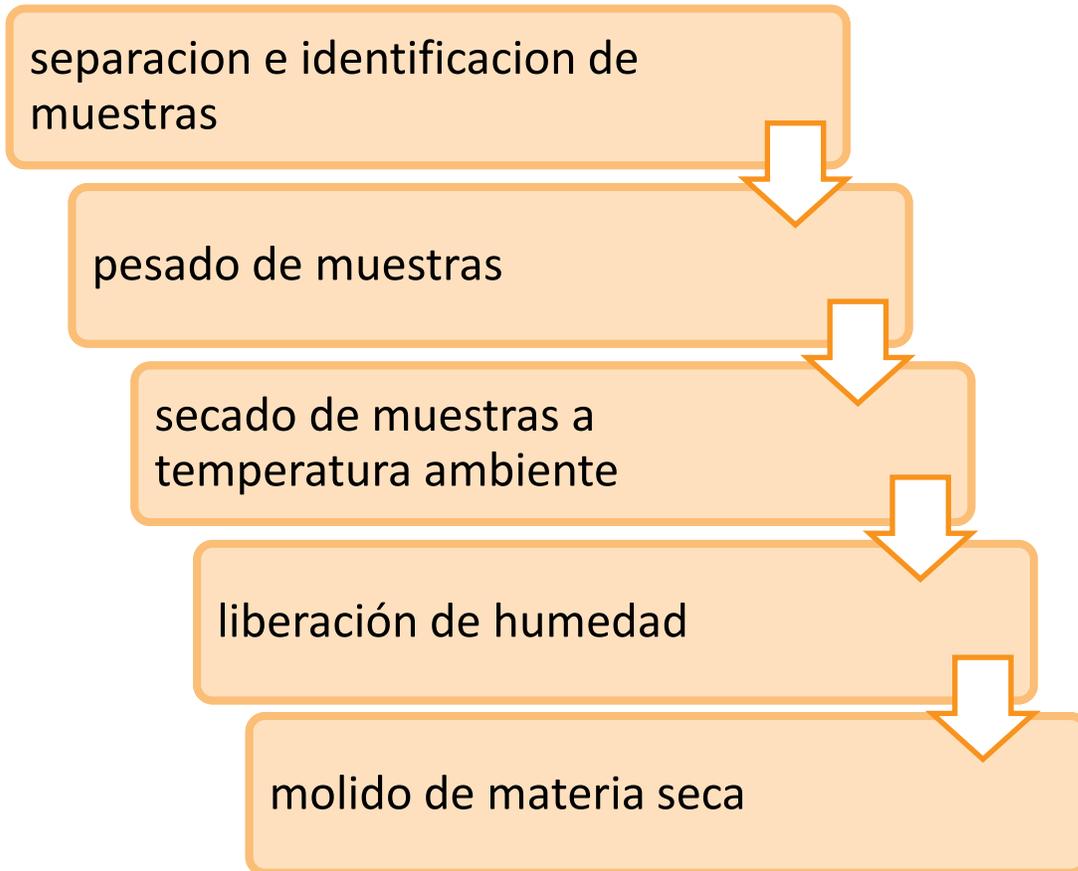
Etapa	% Alimento	% Pollo	% Escamocha
45 a 105 días	50	25	25
105 a 135 días	38	32	32
135 a 160 días	20	40	40

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

PREPARACION DE MUESTRAS

Para procesar las muestras en los instrumentos del laboratorio se someten a un tratamiento previo como se explica en la figura 2:

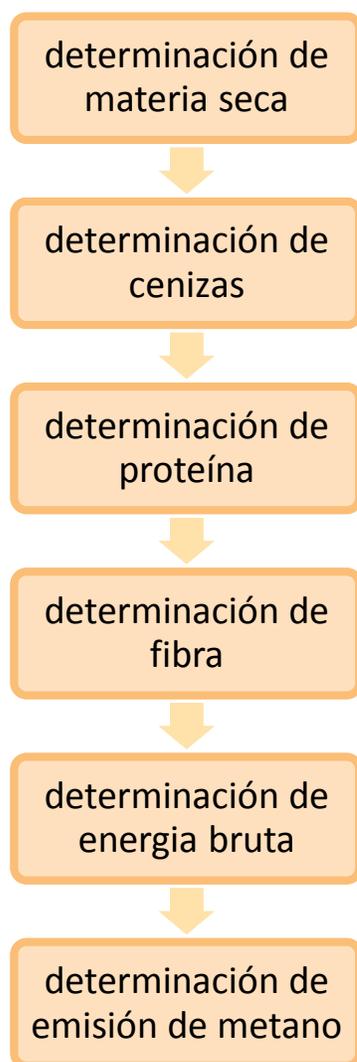
Figura 2: etapas de preparación de muestra



Fuente: elaboración propia.

Una vez listas las muestras, la siguiente etapa consiste en realizar los análisis de laboratorio para lo que se consideraron las pruebas bromatológicas que se pueden observar en la figura 3:

Figura 3: pruebas bromatológicas



Fuente: elaboración propia.

DETERMINACION DE MATERIA SECA:

La determinación de materia seca, se requiere para conocer el material que queda cuando se elimina la humedad, es importante determinar la materia seca puesto que el agua que contenga la muestra no genera energía; la prueba se basó en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Para la determinación de humedad y materia seca se expusieron todas las muestras a un pre-secado y posterior a ello se colocaron en la estufa de secado a 75° C durante 48 hrs (AOAC, 2012).

El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra. Es necesario que la estufa tenga una salida de aire constante y que la temperatura no exceda los 75°C, de manera que la muestra no se descomponga y que no se evaporen los compuestos volátiles de la muestra (Nollet, 1996).

DETERMINACION DE CENIZAS

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes (UNAM 2008).

En este método toda la materia orgánica se oxida a una temperatura que fluctúa entre los 550°C durante 2 horas (AOAC, 2012), el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza (Nollet, 1996). La mayoría de los minerales son convertidos en óxidos, sulfatos, fosfatos, cloruros y silicatos.

La determinación en seco es el método más común para determinar la cantidad total de minerales en alimentos y este método se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia inorgánica, este método es eficiente ya que determina tanto cenizo soluble en agua, insolubles y solubles en medio ácido.

DETERMINACION DE PROTEINA (Kjeldhal)

El procedimiento de referencia Kjeldahl determina la materia nitrogenada total. Durante el proceso de descomposición ocurre la deshidratación y carbonización de la materia orgánica combinada con la oxidación de carbono a dióxido de carbono. El nitrógeno orgánico es transformado a amoníaco que se retiene en la disolución como sulfato de amonio.

Una vez obtenido el sulfato de amonio, se procede a formar amoníaco, al hacer reaccionar el sulfato con hidróxido de sodio (Nollet, 1996). Por cada átomo de nitrógeno se forma un ion borato que puede neutralizarse con una solución valorada en ácido clorhídrico y de esta manera, se conoce el contenido del nitrógeno. Cuando todo el ion borato ha sido neutralizado se termina la reacción. Para estimar el contenido de nitrógeno, se multiplica el último factor, llamado factor de nitrógeno, el cual se calcula con base al contenido de nitrógeno en las proteínas. En la mayoría de las proteínas vegetales el promedio de nitrógeno es del 16%.

La fórmula que se utiliza es:

$$\%N = \frac{(14.01)(ml\ s - ml\ bco)(N\ HCl)}{(wm)(10)}$$

En dónde:

14.01= miliequivalente

ml s= mililitros gastados en la titulación de la muestra

ml bco= mililitros gastados en la titulación del blanco

HCl= normalidad exacta del ácido clorhídrico. 1 N

wm= peso de la muestra en gramos

DETERMINACION DE FIBRA BRUTA (ANKOM 200)

Para la determinación de la fibra cruda se utilizó un equipo ANKOM y la técnica de fibra bruta ANKOM200, se basa en digestión acida de la muestra desengrasada y posteriormente una digestión alcalina. Siguiendo lo establecido en el manual proporcionado por el laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales.

La fibra cruda es la perdida de la calcinación del residuo seco después de la digestión de la muestra con soluciones de 1.25 % (peso /volumen) de Ácido sulfúrico y 1.25 % de Hidróxido de sodio, se aplica en muestras que previamente fueron desgrasadas, y se aplica en granos, carne, alimentos, y materiales fibrosos y alimentos para mascotas.

La fórmula que se utiliza para estas determinaciones es:

$$\%NDF = \frac{100(W_3 - (W_1 \times C))}{W_2}$$

En dónde:

W_1 = peso de la bolsa

W_2 = peso de la muestra

W_3 = peso de la bolsa seca con la fibra después del proceso de extracción.

C = Blanco de corrección (peso seco final) dividido por el peso del blanco inicial

DETERMINACION DE ENERGIA BRUTA

La energía bruta, es la cantidad de calor que se libera cuando se combustiona una muestra y se calcula la energía que se puede obtener de él, utilizando una bomba calorimétrica (oxygen bomb calorimeter parr).

La posibilidad de formar tejidos corporales, como grasa y músculo en el cerdo, solo es factible gracias a una fuente de energía, por ello la importancia del aporte de energía y la valoración de los alimentos para poder formular dietas que satisfagan los requerimientos, sin sobrepasarlos (Macdonald et al., 1999). Para medir la energía total de alimentos y heces, se determina la energía química en términos de calor, expresándola en calorías (cal).

Macdonald et al. (1999), menciona que el contenido de energía digestible aparente de un alimento, considera la energía bruta menos la energía contenida en las heces de una determinada ingestión de alimento. Así, la energía digestible de un alimento será el producto de la digestibilidad y la energía bruta del alimento, siendo esta cantidad de energía la que el animal aparentemente puede digerir, o en otras palabras, la energía bruta consumida que no aparece en las excretas.

DETERMINACION DE METANO

Los métodos para obtener Metano son variados, algunos de ellos por procesos cuantitativos basados en fórmulas y otros experimentales.

Dentro del método experimental, se puede realizar a través de cámaras dinámicas y estáticas, en las cuales se simula el manejo en campo. Para esto, se colocan las muestras en las cámaras y se inyecta un flujo continuo de aireación mediante una bomba de aire (calibrando el flujo mediante un flujometro (Perkin Elmer, PE1000)) a las 10 y 20 h de inicio del proceso, manteniéndolas a temperatura ambiente promedio de 20.5 +/- .05 °C durante todo el ensayo.

Posteriormente se toman pruebas de aire dentro de las cámaras para ser procesadas en un cromatógrafo de gases SRI8610C con detector de ionización de flama y columna empacada Allettech (CTR I 8700).

Con los resultados obtenidos se realiza un balance de masa para metano y se obtienen las cinéticas de producción (Espinosa, V. 2012).

Para este caso nos basamos en las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (Directrices del IPCC), describen dos métodos. La metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), en su Nivel (Tier) 2: Método de descomposición de primer orden. Las ecuaciones son las siguientes:

Ecuación 1: Emisiones de CH₄ procedentes del manejo del estiércol

Emisiones de CH₄ (mm) = Factor de emisión * Población / (106 kg/Gg

Donde:

Emisiones de CH₄ (mm) = emisiones de CH₄ procedentes del manejo del estiércol para una población definida, en Gg/año

Factor de emisión = factor de emisión correspondiente a la población de ganado definida, en kg/cabeza/año

Población = el número de cabezas que integra la población de ganado definida

Ecuación 2: Tasas de excreción de sólidos volátiles.

$$SV = EB * (1 \text{ kg-dm}/18,45 \text{ MJ}) * (1 - ED/100) * (1 - CENIZAS/100)$$

Donde:

SV = excreción de sólidos volátiles por día sobre la base del peso de la materia seca, en kg-dm/día

EB = Estimación de la ingestión media de alimentos por día, en MJ/día

ED = Energía digestible presente en los alimentos, en porcentaje (p.ej. 60%)

CENIZAS = contenido de cenizas del estiércol, en porcentaje (p.e. 8%)

Ecuación 3: Factor de emisión procedente del manejo del estiércol

$$FE_i = SV_i * 365 \text{ días/año} * Bo_i * 0,67 \text{ kg}/\text{m}^3 * \sum(jk) FCM_{jk} * SM_{ijk} \dagger$$

Donde:

FE_i = factor de emisión anual de la población de ganado definida i, en kg

SV_i = excreción diaria de SV de un animal dentro de la población definida i, en kg

Bo_i = capacidad máxima de producción de CH₄ del estiércol de un animal dentro de la población definida i, en m³/kg de SV

FCM_{jk} = factores de conversión del CH₄ para cada sistema j de manejo del estiércol, por zona climática k

SM_{ijk} = fracción del estiércol de la especie o categoría de animales i, tratado con el sistema de manejo j, en la zona climática k

† Dado que se realizaron los cálculos puntuales por etapa fisiológica, el valor de 365 días/año fue sustituido por el valor de permanencia de los cerdos en cada etapa.

Otra técnica que se utiliza en el presente estudio es la referida por un estudio respaldado por (FAO 2011) donde se menciona que “La degradación o descomposición de la materia orgánica es compleja y difícil de tratar en detalle, todos los problemas que se presentan. Simplificando esta situación, las fuentes carbonadas más utilizadas por los microorganismos quimiotróficos son los glúcidos o carbohidratos y de éstos compuestos orgánicos, principalmente las hexosas, las cuales son degradadas por diferentes vías metabólicas.

Los fragmentos que alimentan estos procesos cíclicos, por una parte, dan origen a cadenas carbonadas que participan en la formación de nuevas células microbianas y al mismo tiempo, son usados en las oxidaciones y reducciones biológicas que están ligadas a la síntesis de moléculas ricas en energía. Si estos procesos tienen lugar en un medio con niveles de oxígeno ilimitado, corresponden a procesos de oxidación biológica o respiración aeróbica con desprendimiento de CO₂ y de energía equivalente a la mineralización total del substrato orgánico utilizado por los microorganismos. Si, por el contrario, el nivel de oxígeno en el sistema es bajo, determinando condiciones anaeróbicas, corresponde a procesos de reducción biológica o fermentaciones. En este caso, la liberación de energía y desprendimiento de CO₂ son menores que la obtenida en la respiración aeróbica. Además, según el tipo de fermentación se desprenden otros gases como metano (CH₄), hidrógeno, o producción de otros compuestos como alcoholes, ácidos orgánicos, entre otros”

TABLA 3: PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN TEÓRICA DE BIOGÁS EN DIVERSOS COMPUESTOS ORGÁNICOS.

Compuesto orgánico	Fórmula química	Biogás m³/kg SV	CH₄ m³/kg ST
carbohidratos	C ₆ H ₁₀ O ₅	0,75	0,37
lípidos	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	1,44	1,44
proteínas	C ₁₆ H ₂₄ O ₅ N ₄	0,98	0,49

Fuente: Varnero, 1991.

Los resultados de las pruebas bromatológicas son analizados bajo este criterio para determinar el potencial de emisión de metano.

INFORME DE ACTIVIDADES

Para el desarrollo de este trabajo la C. Fátima Denisse Acosta Bravo participó de manera activa y directa en todas las etapas de la investigación contando con el apoyo de los investigadores responsables el Dr. Francisco Ernesto Martínez Castañeda y Dr. Ángel Roberto Martínez Campos, así como con el apoyo de las laboratoristas del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales.

1.-Visita a campo: Realizada por Fátima Acosta en conjunto con el director de la investigación, el Dr. Francisco Ernesto, la cual dio lugar a la observación y análisis del contexto ambiental, social y económico en el que se desarrolla la producción porcina de pequeña y mediana escala en el Estado de México, para entender el funcionamiento de las granjas, identificar las etapas de crecimiento y la alimentación dada a cada una de ellas. Así mismo, en la visita a campo se permitió la recolección del alimento y las excretas conforme las etapas de división ya establecidas, para su posterior análisis.

Las primeras visitas las realizó el Dr. Ernesto para evaluar que el punto de estudio cumpliera con las condiciones que se requerían para el estudio y para solicitar el apoyo de los dueños de las granjas, para cuando se llevara la visita en conjunto con la estudiante y esta fuera rápida.

2.-Toma de muestras:

Se llevó a cabo la visita para la toma de muestras en el mes de junio alrededor de las 7:00 am, para esa hora el equipo ya se encontraba preparado para ingresar a la granja. El doctor Ernesto, quien además es un Veterinario experto fue quien entraba a los corrales para tener el contacto directo con los animales, siendo él quién tomaba cada muestra de Heces fecales, y siendo Fátima quien brindo el apoyo para proporcionar los materiales requeridos por el doctor, así como para realizar el

etiquetado de las bolsas con las muestras ya recolectadas y colocarlas en la hielera. La toma de muestras fue realizada por todo el equipo incluyendo al dueño de la granja.

Fueron recolectadas 8 tipos de muestras en bolsas herméticas de 1kg. Todas fueron de una granja semitecnificada de cerdos, en el municipio de Teoloyucan, se tomaron las heces de las primeras horas de la mañana y fueron obtenidas directamente del recto del animal y el alimento recolectado por cada etapa: así como de los residuos sólidos orgánicos que son utilizados en las dietas de los cerdos, que en este caso particular se trata de residuos de pollo y escamocha, los cuales son cocidos previamente y después mezclados con el alimento base. Colocándose en bolsas rotuladas, estériles y herméticas; para mantenerse en refrigeración y así ser transportadas al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales para su posterior tratamiento en laboratorio. (ver imagen 1).

IMAGEN 1: LLEGADA DE MUESTRAS E INSTRUMENTOS DE PREPARACIÓN.



Fuente: elaboración propia.

Se realizó también un recorrido por el municipio con la guía de un ciudadano del municipio, quien nos explicaba que, al ser una zona rural, la crianza porcina es una actividad muy frecuente y de importancia en la zona y que a pesar de ello aún hacen falta muchas regulaciones sanitarias, legislativas, así como la integración formal en el desarrollo económico del municipio.

3.-Análisis de laboratorio: Para lo cual por medio de las laboratoristas se capacitó a la C. Fátima Denisse Acosta Bravo en cuanto al manejo de las muestras y a la utilización de los instrumentos requeridos en laboratorio, para el dar el tratamiento pertinente a las muestras obtenidas en campo, tanto de excretas como del alimento suministrado; los análisis de laboratorio se realizaron en el Instituto de ciencias Agropecuarias y Rurales, haciendo uso de métodos y materiales avalados por la OAC y otros definidos por los mismos instrumentos de medición y obtener así los resultados requeridos en bomba calorimétrica, determinación de humedad, materia seca, cenizas totales, fibra, grasas y proteínas.

Los directores de la investigación, las laboratoristas y compañeros estudiantes del instituto colaboraron con algunos procedimientos para el laboratorio.

Para poder procesar las muestras en los instrumentos de laboratorio, primero fueron vaciadas las bolsas y colocadas sobre papel y charolas de aluminio (ver imagen 2), identificando perfectamente entre alimento y heces, así como las etapas de crianza a las que correspondían; el pollo y la escamocha fueron consideradas por separado (ver imagen 3), ya que el alimento contiene además una parte de alimento prefabricado. Fueron pesadas tal cuál cómo salieron de la granja para determinar la pérdida de humedad por peso seco (ver imagen 4).

IMAGEN 2: SEPARACIÓN DE MUESTRAS



Fuente: elaboración propia.

IMAGEN 3: POLLO Y ESCAMOCHA



Fuente: elaboración propia.

IMAGEN 4: PESADO PARA PREPARACIÓN DE MUESTRAS



Fuente: elaboración propia.

Las muestras fueron pesadas nuevamente y se sometieron a un secado previo a su proceso en la estufa de laboratorio, en dónde se liberaría todo contenido de agua, para que con la materia ya seca se pudiera moler el material y de ahí comenzar a preparar cada muestra para su respectiva prueba.

IMAGEN 7: PESÁDO ANALÍTICO



Fuente: elaboración propia.

4.-Manejo de información. La consulta de bibliografía especializada en emisiones contaminantes, cambio climático, política ambiental, desarrollo porcino, técnicas de laboratorio, etc, en idioma inglés y español permite el análisis e integración de los factores que intervienen en los procesos y relaciones de los sistemas de producción porcina a pequeña y mediana escala, así como su impacto en el ambiente. Esta etapa de la investigación se vuelve relevante en el momento del análisis de resultados de las pruebas de laboratorio y exposición de conclusiones.

Algunos de los documentos revisados para el desarrollo de este trabajo fueron:

- Tesis impresas.
- Artículos impresos en revistas especializadas
- Libros de texto.
- Manuales de procedimiento de laboratorio.

- Manuales de procedimiento adjuntos a los instrumentos de laboratorio.
- Planes de desarrollo.
- Artículos de revistas online.
- Repositorio universitario.
- Publicaciones de carácter federal.
- Publicaciones de organismos internacionales.
- Consultas verbales con expertos en la materia.

5.- Los resultados de la investigación fueron sometidos para su participación en el IV Congreso Internacional y XV Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria.

Resumen enviado al IV Congreso Internacional y XV Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria.

Determinación de la emisión de metano en una engorda de porcino

Francisco Ernesto Martínez-Castañeda¹, Angel Roberto Martínez-Campos¹, Fátima Denisse Acosta-Bravo¹. ¹ICAR-UAEMex.

Se siguieron las directrices de la IPCC Tier 2, para la determinación de emisión de Metano, en engordas de porcino, con régimen alimenticio mixto. El sistema de alimentación se dividió en tres etapas de acuerdo con la edad y permanencia en cada etapa: 1) de 60 a 105 días de edad; 2) de 106 a 135; y 3) de 136 a 152. La proporción (%) de alimento balanceado: pollo: escamocha en cada etapa fue de: 1) 50:25:25; 2) 37:32:32; y 3) 20:40:40. El alimento balanceado se proporcionó por las mañanas una vez que el alimento no consumido del día anterior fue removido. La escamocha consistió en una combinación de desperdicios de verdulería y de pollerías. Ambos fueron mezclados y cocidos durante 20 minutos, antes de ser vertidos en el comedero. Se determinaron los Sólidos Volátiles (SV) a partir de lo propuesto por la IPCC. La Energía Bruta fue determinada mediante la Técnica de la Bomba Calorimétrica. La Energía Digestible fue resultado de la resta de la energía contenida en el alimento menos la contenida en las heces. Los valores de Producción de Metano (m³/kg SV) y el Factor de conversión de metano fueron tomados de las Tablas de la IPCC para dichos indicadores. La tasa de excreción de SV fue de 1.43, 2.07 y 1.92 para las etapas 1, 2 y 3, respectivamente. Los factores de emisión de metano resultaron en 3.80, 3.68 y 2.83. La emisión de metano en cada etapa fue de: 1) 37.97; 2) 36.82; y 3) 28.32 kg., para 30 animales (10 en cada etapa), sumando un total de 103 kg de metano por un ciclo de engorda con las características mencionadas. La eficiencia energética, medida como la relación entre Energía Digestible y la Energía total, fue de 46% para la dieta 1, 61% para la dieta 2 y 84% para la tercer dieta. Los datos anteriores aportan evidencia de que las eficiencias metabólicas incrementan conforme el porcentaje de inclusión de escamocha se va incrementando.

6.- Integración de información teórica, práctica y experimental. Mediante el análisis de la información, la realización de tablas y desarrollo de fórmulas en Excel para su interpretación y uso adecuado para una descripción de resultados coherente con la finalidad de la investigación.

7.- Exposición de conclusiones multidisciplinarias en el enfoque de las ciencias ambientales.

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

OBTENCIÓN DE MUESTRAS

Las 8 muestras que se sometieron a análisis de laboratorio se codificaron de la siguiente manera:

TABLA 4: TIPO DE MUESTRA

Alimento 60 a 105 días	(AL 3.5)
Alimento 106 a 135 días	(AL 4.5)
Alimento 136 a 150 días	(AL 5)
Heces 60 a 105 días	(H 3.5)
Heces 106 a 135 días	(H 4.5)
Heces 136 a 150 días	(H 5)
Pollo	(P)
Escamocha	(Es)

Fuente: elaboración propia.

DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA:

Para la determinación de humedad y materia seca se expusieron todas las muestras a un pre-secado y posterior a ello se mantuvieron en la estufa a 75° C durante 48 h.

TABLA 5: PORCENTAJE DE MATERIA SECA

MUESTRA	%MATERIA SECA
Alimento 60 a 105 días	64.62
Alimento 106 a 135 días	68.76
Alimento 136 a 152 días	45.75
Heces 60 a 105 días	87.22
Heces 106 a 135 días	88.45
Heces 136 a 152 días	85.10
Pollo	63.14
escamocha	62.26

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

DETERMINACION DE CENIZAS:

TABLA 6: PORCENTAJE DE CENIZAS

MUESTRA	% CENIZAS
Alimento 60 a 105 días	2.59
Alimento 106 a 135 días	2.05
Alimento 136 a 150 días	5.36
Heces 60 a 105 días	1.18
Heces 106 a 135 días	2.80
Heces 136 a 150 días	2.27
Pollo	1.31
escamocha	1.812

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

DETERMINACION DE PROTEINA (Kjeldhal)

TABLA 7: RESULTADO DE PROTEINA

muestra	14.01	(ml gastados en la titulación)	ml bco	Con HCl N	wm(peso de la muestra)	%N	PROTEINA
alimento 3.5	14.01	7.4	0.4	0.1	0.25	10	24.49
alimento 4.5	14.01	7.9	0.4	0.1	0.25	10	26.24
alimento 5	14.01	7.8	0.4	0.1	0.25	10	25.89
heces 3.5	14.01	7.4	0.4	0.1	0.25	10	24.49
heces 4.5	14.01	6	0.4	0.1	0.25	10	19.59
heces 5	14.01	6.2	0.4	0.1	0.25	10	20.29
escamocha	14.01	10.8	0.4	0.1	0.25	10	36.39
Pollo	14.01	13.9	0.4	0.1	0.25	10	47.24

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

DETERMINACION DE FIBRA BRUTA (ANKOM 200)

Para estas pruebas se trataron todas las muestras con tres repeticiones por muestra para disminuir el margen de error y se promediaron los datos arrojados para un resultado final.

TABLA 8: RESULTADO DE FIBRA

Muestra	FND %	FAD %
alimento 3.5	64.12	56.89
alimento 4.5	61.63	53.63
alimento 5	62.13	57.38
heces 3.5	68.84	59.1
heces 4.5	67.18	56.6
heces 5	60.14	57.28
Escamocha	63.91	55.41

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

DETERMINACION DE ENERGIA BRUTA

Para la determinación de energía bruta se realizó el proceso por triplicado con cada muestra obteniéndose los siguientes resultados de prueba:

TABLA 9: RESULTADO DE ENERGIA BRUTA

muestra	Δ temperatura	constante	ml para titular	alambre usado	masa muestra	cal/gr
	T	w	e1	e3	m	
alimento 3.5	0.7	1205.83	0.9	0.0008	0.205	4107.61
alimento 4.5	0.64	1205.83	2.5	0.0024	0.204	3754.27
alimento 5	0.69	1205.83	0.8	0.0128	0.207	3928.99
heces 3.5	0.76	1205.83	1.5	0.0077	0.204	4432.11
heces 4.5	1.02	1205.83	0.8	0.0018	0.207	5925.73
heces 5	0.89	1205.83	1.2	0.0005	0.205	5225.79
escamocha	1.36	1205.83	1.7	0.0119	0.2102	7714.40

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

Los datos de la tabla 9 indican el potencial energético-alimenticio de los residuos sólidos orgánicos, así como el aprovechamiento que se puede obtener de ellos al ser utilizados en las dietas de crianza de porcinos. Así mismo muestra que el contenido energético de las heces es superior al de los alimentos prefabricados, pero inferior al de la escamocha, esto indica que la emisión contaminante de la escamocha, es mayor que la emisión contaminante de las excretas. Por otro lado la cantidad de heces solo representa hasta máximo el 50% de la materia seca ingerida.

DETERMINACION DE METANO

Las políticas ambientales que abordan el cambio climático se integran en diferentes áreas. En el caso de los residuos incluyen la incineración para obtención de energía a partir de residuos y procesos biológicos, tales como el compostaje o tratamiento biológico, sin embargo, los costos para un manejo integral de los residuos son elevados aunque las iniciativas de reciclaje, reutilización y minimización de desechos, en el sector público y privado, reducen indirectamente las emisiones de GEI al disminuir el volumen de desechos como fuente de emisión.

Existen varios casos de daños provocados por el manejo deficiente de residuos sólidos municipales, causantes directos de contaminación del suelo, aire o agua. Tal situación se debe a que, por mucho tiempo en México el control sobre los residuos ha sido deficiente y aún no se logra la completa incorporación de técnicas de administración para la solución del problema, y esta se va agravando. Los esfuerzos que realizan los gobiernos municipales, estatales y federales, así como los demás sectores de la sociedad generadora, no han estado lo suficientemente vinculados para alcanzar resultados tangibles respecto a la solución del reto que presenta el manejo integral de los residuos sólidos municipales.

TABLA 10: VALORES CON BASE HUMEDA

	humedad	proteína base humeda	fnd base humeda	grasa	cenizas
alimento 3.5	64.62	8.66	22.68	1.43	2.59
alimento 4.5	68.76	8.19	19.25	1.73	2.05
alimento 5	45.75	14.04	33.69	1.12	5.36
heces 3.5	87.57	3.04	8.55	0	1.18
heces 4.5	74.74	4.95	16.96	0.53	2.80
heces 5	85.10	3.02	8.95	0.63	2.27
pollo	63.14	13.41	0	22.12	1.31
escamocha	62.26	17.82	20	0	1.81

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

Emisión de metano según Varnero 1991, donde sugiere que cada molécula de carbono tiene el potencial de convertirse en metano en condiciones anaerobias, por lo que se debe determinar para cada muestra su contenido de proteína, fibra y grasas.

La Tabla 11, muestra que el potencial contaminante que se tiene por alimento es mayor en comparación con las heces. Las emisiones de metano por alimento y heces de la última etapa fueron las más altas (1.42 y 0.45 Kg CH₄ por día).

TABLA 11: KG EMISION DE METANO MÉTODO VARNERO, 1991

MUESTRA	POR DÍA	POR ETAPA
alimento 3.5	0.67	39.93
alimento 4.5	1.04	31.23
alimento 5	1.42	21.25
heces 3.5	0.32	19.01
heces 4.5	0.39	11.81
heces 5	0.45	6.72

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

El impacto contaminante de los residuos orgánicos por si mismos en sus sitios de disposición final, que en su mayoría son basureros, es por cada 289 kg de materia orgánica una generación de 92 kg de metano, esa cantidad fue determinada considerando la cantidad de alimento que conforme la información de la (tabla 1) son los kilogramos de comida que se incorporaron por un ciclo de crecimiento.

Con la información de la (tabla 11) y (tabla 15) en cuanto a las heces, se estima que el animal aprovecha en promedio un 50% de lo ingerido, por tanto, con esa cantidad de alimento, se generan 144 kg de heces lo que puede producir 37.54kg de metano, que representa un 40% del total de materia orgánica que se requirió para esta parte del ciclo de engorda de un cerdo.

Con el método de Varnero, (Tabla 11) podemos observar que el potencial de emisión de metano aumenta de acuerdo a la etapa de crecimiento y conforme se incorporan los residuos orgánicos en la dieta, el potencial es mayor tanto en las muestras de alimento como en las heces. Esto indica que la incorporación de los residuos podría estar ocasionando un problema de aprovechamiento, es decir que la mezcla final de alimento-residuo tiene menor digestibilidad.

Con este método se tiene la posibilidad de determinar el potencial de cada muestra mientras que para los resultados que se arrojan por el método del IPCC se determinan las emisiones por etapa, ya con un balance energético y de factor de emisión, en la (tabla 17) observamos que efectivamente el potencial energético y contaminante incrementa en relación a las etapas de crecimiento. En el área pecuaria se señala que entre los factores que influyen en su producción están las características físicas y químicas del alimento, las cuales afectan directamente el nivel de consumo y la frecuencia de alimentación. Por tanto, una subnutrición contribuye a incrementar los niveles de emisión de metano.

En la (tabla 12) podemos corroborar que la tercera etapa cuenta con el mayor potencial de contaminación. Sin embargo, esto no debe desalentar la propuesta de incorporación de residuos a la dieta de los cerdos, es importante considerar otros aspectos, cómo los periodos de las etapas y los porcentajes de reciclaje de materia orgánica.

TABLA 12: EMISIÓN DE METANO POR ETAPA

etapa	SV diarios	KgCH4 etapa
45 a 105 días	1.21	4.29
105 a 135 días	1.20	2.12
135 a 150 días	1.90	1.68

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

En la (tabla 13) tenemos una comparación entre los métodos de lo que propone Varnero y el IPCC. En ella, podemos observar que la emisión de metano por etapa se reduce casi tres veces de la primera a la tercera, sin embargo, por la cantidad de días que se contemplan en cada una de ellas, se corrobora que efectivamente la tercera etapa es la que más potencial contaminante tiene.

La última etapa en la crianza porcina es de suma importancia, pues en esta se da por terminado el proceso de engorda, por lo que es la etapa en la que se ve reflejado el resultado de la dieta. Aunque la última etapa es más corta en relación a las anteriores el porcentaje de aprovechamiento energético y de reciclado es menor en comparación con las otras dos y el potencial contaminante es mayor.

Comparativa de métodos

TABLA 13: EMISIÓN EN KG DE CH₄ POR ETAPA Y CICLO

etapa	Varnero	IPCC
45 a 105 días	19.01	4.29
105 a 135 días	11.81	2.12
135 a 150 días	6.72	1.68
total	37.54	8.09

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

Con el balance energético (Tabla 13) y contaminante (Tabla 18), se obtuvieron los porcentajes de aprovechamiento tanto en el aspecto nutricional como de su impacto ambiental por emisión de metano. Aquí se puede observar que la máxima emisión global de metano fue en la etapa de 45 a 105 días (19.01 (Varnero) o 4.29 (IPCC) kg de CH₄), pero esto no se debe a que las heces de esta etapa emitan más metano, sino a que es la etapa que dura más tiempo.

Si bien el utilizar la escamocha como parte de las dietas para la producción porcina ha sido una práctica cotidiana en los sistemas de producción porcina, con esta investigación se demuestra que es una práctica que funciona tanto en lo económico, como en lo ambiental, haciendo la evaluación de la información correcta, como se muestra en la (tabla 14), podemos ver los resultados del porcentaje de materia orgánica que se recicla en cada una de las etapas, si bien, conforme el aumento de

la etapa de crecimiento el porcentaje de reciclaje es menor, en ninguno de los dos métodos el reciclaje es menor del 30%, lo que nos demuestra que efectivamente los cerdos hacen uso de la materia orgánica para lograr su crecimiento.

Si comparamos la cantidad de emisión de metano que se puede generar por residuos orgánicos contra lo que pueden producir las excretas de los cerdos, nos damos cuenta de que las excretas tienen hasta 4 veces menos potencial contaminante que los residuos. Lo que nos indica que los cerdos son una excelente opción a considerar para la disminución de fuentes contaminantes. Pareciera increíble pero lo que para muchos es basura, es el sustento de otros, pues todo lo que comúnmente consideramos como desperdicio, es bien aprovechada por esta especie, y además se convierte en una carne menos contaminada por los procesos de industrialización.

Al hacer uso de este tipo de residuos, se evita que vayan a parar a los vertederos a cielo abierto y sigan contribuyendo con esas emisiones contaminantes, y a su vez se están reutilizando en las grajas bajo los procesos de alimentación brindando un aporte nutritivo y energético adicional al que se estima.

Es decir, los residuos sólidos orgánicos que suelen destinarse a los confinamientos poco o nulamente contralados, pueden ser reutilizados y reincorporados a los sistemas de producción porcina, el aprovechar sus elementos nutritivos no solo disminuye los costos de producción y apoya a la economía y mercado local, sino que también, ayudan a reducir la generación de basura, con la cual se disminuye la contaminación de suelo, aire, agua, proliferación de fauna nociva, malos olores y afectaciones a la salud, y a su vez favorecen la mitigación de emisiones contaminantes a la atmosfera.

TABLA 14: PORCENTAJE DE RECICLADO DE MATERIA ORGÁNICA

ETAPA	VARNERO	IPCC
45 a 105 días	47.61	56.54
105 a 135 días	37.81	52.65
135 a 150 días	31.64	48.88

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

En esta tabla se muestra el porcentaje de reciclaje de materia orgánica que se da en los sistemas de producción porcina. Al incorporar este desecho orgánico en las dietas de crianza según el IPCC para la primer etapa es de 56.54% en la segunda 52.65% y un 48.88%, lo que significa que la fuente de emisión contaminante se reduce en promedio en un 50%, si bien la cantidad de materia orgánica que no se aprovecha se ve refelajda en las heces de los cerdos, lo importante a evaluar es el potencial contaminante que tienen dichas excretas.

El porcentaje de materia orgánica que se reutiliza es bastante considerable por sí solo, disminuir una fuente de emisión a la mitad es ya una excelente opción, y no conforme con eso se aprovecha de tal manera que genera carne magra, no solo se disminuye una fuente de emisión contaminante, si no que se rehúsa y se recicla.

Con esta investigación, queda demostrado que no se requiere necesariamente de tecnología de punta para implementar medidas de adaptación o mitigación ante el cambio climático y que los procesos productivos y de consumo se encuentran ligados unos con otros.

Que algunos gobiernos locales han seguido considerando como parte de sus planes de desarrollo la participación multisectorial para el desarrollo económico y sustentable como un objetivo a lograr al mediano y largo plazo.

Así como la importancia de tomar en cuenta espacios de vulnerabilidad como áreas de oportunidad en dónde con la participación social, académica, científica y gubernamental pueden convertirse en punta de lanza para no solo contrarrestar las afectaciones ambientales por el cambio climático, sino también favorecer la igualdad social.

Las medidas de adaptación al cambio climático deben ser sumadas y articuladas con los instrumentos y políticas que están en marcha, y así contribuir al desarrollo sustentable desde los ámbitos ambiental, social, económico e institucional. De manera complementaria, es necesario identificar aquellas áreas donde se necesita innovación y mayor coordinación.

Los ejes y las líneas de acción propuestos deben ser retomados tanto en la nueva ENCC (Estrategia Nacional de Cambio Climático) como en otros instrumentos de planeación, así como entre los diferentes sectores y los tres órdenes de gobierno.

El fortalecimiento de las capacidades para la adaptación es una tarea que debe emprenderse de manera conjunta entre todos los niveles de gobierno y sectores de la administración pública. Las resoluciones deben ser las adecuadas para los entornos regional y local, para lo cual es fundamental su apropiación por parte de los gobiernos estatales, municipales, locales, y de la sociedad en general.

CONCLUSIONES

Con la presente investigación se puede confirmar que en el estado de México aún se sigue llevando a cabo la producción porcina de pequeña y mediana escala; las cuales tienen gran impacto social, en la economía local y estado medioambiental. Las condiciones en las que se desarrolla sigue siendo bajo las técnicas tradicionales ya descritas, por lo que los productores se ven intimidados ante el desarrollo tecnológico que se tiene en las granjas de producción intensiva, considerando que solo así se podría tener una mejora en todos los aspectos de la producción porcina.

La utilización de residuos sólidos orgánicos en granjas porcinas es una estrategia atractiva ante el cambio climático, pues para la adaptación solo se requiere reorientar y retomar prácticas para la alimentación, estos ajustes apoyan a las familias productoras en una cuestión local, brindando la certeza de que pueden continuar con métodos poco costosos y no es necesario formar parte directa de los procesos de producción intensiva para obtener buenos resultados.

En cuanto a la mitigación, la vulnerabilidad de los sistemas se reduce mediante esta práctica, pues como se observa en los resultados, al aprovechar los residuos orgánicos en las granjas porcinas, se puede disminuir la emisión de gases contaminantes generados por la descomposición de la materia orgánica, así como la contaminación que generan al no tener la disposición final adecuada.

Estos resultados nos muestran que es preciso, realizar evaluaciones interdisciplinarias para establecer no solo políticas, sino estrategias que se encuentren respaldadas por investigaciones que emanen de lo local, para lograr amalgamar de pequeños a grandes proyectos entre los diferentes sectores.

Los avances logrados hasta ahora por México en la adaptación al cambio climático son una base para construir un proceso de aprendizaje que permitirá extraer lecciones útiles para el planteamiento de acciones más eficientes. Uno de los retos es mejorar la coordinación y colaboración entre los órdenes de gobierno y los sectores, público, privado, social y científico, lo cual es fundamental para crear capacidades que permitan a la sociedad mexicana construir progresivamente mejores políticas, estrategias y acciones destinadas a reducir los impactos negativos.

Un aspecto a considerar, es que las regiones de México dónde se llevan a cabo el desarrollo porcícola es muy variado dado a la diversidad de ecosistemas con los que cuenta el país, por lo que es importante recalcar que los resultados pueden llegar a variar, principalmente en cuanto a la emisión de metano por excretas, de ahí en fuera el proceso de digestión de los cerdos es prácticamente el mismo, pudiendo llegar a variar, también por el alimento base prefabricado que se utilice, por ello sería preciso llevar una evaluación a cada municipio para valorar el contexto en el que se encuentran e ir adoptando las estrategias de mitigación conforme sean más factible para cada zona.

Si bien en pleno 2019, no se cuenta con un apoyo por parte del gobierno federal para la implementación de estrategias ante el cambio climático, es importante destacar que cómo parte de una sociedad, todos nos volvemos responsables de alguna manera y está en nuestras manos y posibilidades tomar acción para generar cambios positivos. Es nuestro compromiso como ciudadanos ser consumidores conscientes y responsables

RECOMENDACIONES FUTURAS

Si bien este estudio nos demuestra que la incorporación de residuos orgánicos en los sistemas de producción porcina de pequeña y mediana escala es una estrategia de mitigación y adaptación ante el cambio climático, aún falta mucho por hacer, entre las actividades futuras a desarrollar están.

1.- Una mejor valoración para determinar las estrategias de forma más precisa, en donde se pueda definir el nivel máximo de inclusión para evitar sacrificar la rentabilidad de los productores.

2.- Lograr el balance más adecuado de proporciones en la dieta dependiendo de cada etapa, dónde se busque un porcentaje mayor de reciclaje de materia orgánica.

3.- Determinar la demanda de residuos orgánicos que se requieran para el mantenimiento de granjas porcinas y con ello definir los alcances que se pudieran tener para una mayor rentabilidad en la producción.

4.- Generación de información que dé lugar a otras etapas de desarrollo de políticas, en este caso, al conocer el uso de la basura orgánica, se puede trabajar la parte del manejo de los residuos a nivel municipal, para considerar su disposición final como parte del proceso de reciclaje en granjas porcinas.

5.- Valorizar la oferta de residuos orgánicos que pudieran tener las urbes y por ende la disponibilidad de incorporación en este tipo de sistemas.

6.- Evaluar el valor económico que pudiera generar esta oferta-demanda de residuos orgánicos para su reciclaje y aprovechamiento, pues al obtener un beneficio de su uso post consumo, seguramente generaría un nicho de mercado.

Cómo podemos ver, esta es solo una parte de una propuesta, es un paso ante la gama de acciones que pueden ser llevadas a cabo para lograr un desarrollo sustentable.

Con los resultados de este trabajo se demuestra también que la integración de los diferentes sectores es de suma importancia para lograr homologar las soluciones en cualquier área en la que se trabaje.

Que las ciencias ambientales a través de su multidisciplinaridad y correcta aplicación podrán coadyuvar a la adecuada toma de decisiones para mejorar la calidad de vida y lograr un bienestar común.

ANEXOS

TABLA 15: KG DE ALIMENTO PROPORCIONADO

Etapa	por día	por etapa
3.5 mese	2.49	149
4.5 mese	3.04	91
5 meses	3.3	49
Total		289

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en campo.

La cantidad de alimento que se da por día es importante para determinar la demanda de residuos orgánicos que se requieren para cada etapa de desarrollo.

TABLA 16: KG DE CH₄ EN PROTEINA PARA ALIMENTO

MUESTRA	PROTEINA ALIMENTO BASE	PROTEINA EN ESCAMOCHA	PROTEINA EN POLLO
alimento 3.5	0.28	0.10	0.08
alimento 4.5	0.32	0.16	0.12
alimento 5	0.11	0.22	0.17

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

Como podemos observar en la tabla 16 el alimento base en la primer etapa es el que mayor cantidad de potencial contaminante tiene, mientras que en la tercer etapa es la escamocha el que da mayor potencial, esto pudiera deberse a la cantidad de base orgánica que se incorpora en cada etapa.

TABLA 17: KG DE CH4 EN FIBRA PARA ALIMENTO

MUESTRA	FIBRA EN ALIMENTO BASE	FIBRA EN ESCAMOCHA
alimento 3.5	0.20	0.10
alimento 4.5	0.18	0.16
alimento 5	0.11	0.22

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

La cantidad de potencial contaminante en la fibra fibra se mantiene muy similar en todas las etapas

TABLA 18: KG DE CH4 EN GRASA PARA ALIMENTO

MUESTRA	GRASA EN ALIMENTO BASE	GRASA EN POLLO
alimento 3.5	0.05	0.38
alimento 4.5	0.06	0.60
alimento 5	0.01	0.81

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

La grasa es un factor muy importante por el potencial contaminante que contiene, como podemos observar el pollo por sexta muy por encima de los niveles de un alimento base

TABLA 19: KG DE CH₄ EN HECES

MUESTRA	PROTEINA	FIBRA	GRASA
heces 3.5	0.10	0.22	0.00
heces 4.5	0.10	0.26	0.03
heces 5	0.12	0.26	0.07

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

Como podemos observar en esta tabla 19 el porcentaje en heces es mínimo comparado con el potencial contaminante que pueden llegar a tener los componentes orgánicos de la alimentación.

TABLA 20: VALORES DE REFERENCIA PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN DE CH₄

etapa	MJ/día	ED	%Cenizas	Bo	FCM	PEM
45 a 105 días	39.91	0.43	1.18	0.45	0.20	0.67
105 a 135 días	42.52	0.47	1.28	0.45	0.20	0.67
135 a 150 días	73.41	0.51	2.28	0.45	0.20	0.67

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en laboratorio.

Estos son los valores que se utilizarán para aplicar las fórmulas establecidas por el IPCC.

REFERENCIAS DE CONSULTA

- AOAC. 2012 Official Methods Of Analysis Of The Association Of Official Analytical Chemists. 19th ed. Washington, D.C.
- ASERCA, Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. 1996. "Una Visión de la Porcicultura en México. Claridades Agropecuarias.
- Bauza. R. 2008. "Curso De Nutricion Animal. Bioenergetica" Facultad De Agronomía, Montevideo, Uruguay.
- Carmona, J. Bolívar, D. Giraldo, L. 2005. "El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo" Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Vol. 18. Universidad de Antioquia, Colombia.
- Castro, Mercedes. 2019 "Sobrepoblación en México: estadísticas, causas, consecuencias" Lifeder.com. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/sobrepoblacion-mexico/>
- Castro, Mercedes. 2019 "Deterioro ambiental: causas, consecuencias y soluciones" Lifeder.com. Recuperado de: https://www.lifeder.com/deterioro-ambiental/#-Modelo_agricola_y_pecuario
- DOF 06-06-2012 Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012 LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO TEXTO VIGENTE Nueva Ley publicada.
- DOF 12/07/2019 Diario Oficial de la Federación Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.
- Drucker, A. Escalante, R. Gómez, V. Magaña, S. 2001. "La Industria Porcina en Yucatán" Revista Latinoamericana de Economía, Problemas de Desarrollo. Vol 34 .México, D.F.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la alimentación, 1994. "Tratamiento y Utilización de Residuos de Origen Animal, Pesquero y Alimeticio en la Alimentación Animal" Habana, Cuba.

- Espinosa, V. 2012 "Evaluación de la Calidad Alimenticia y de Indicadores Ambientales de la Porcicultura Familiar del Nororiente del Estado de México" Tesis de evaluación profesional para el grado de Dr. En ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.
- Figuerola, V. 1989. "Conventional Feeding For Pigs In Cuba. Pig News And Inf."
- Financiera Rural. 2012. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial "Monografía de Ganado Porcino".
- Gaceta de Gobierno Municipal de Teoloyucan no. 02/2019 "Bando municipal 2019-2021".
- García, A. De Loera, Y. Yagüe, A. Guevara, J. García, C. 2012 "Alimentación Práctica del Cerdo". Revista Complutense de Ciencias Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, España.
- González, A. Ruiz, S. 1995. "Methane Emissions From Cattle in México, Methodology and Mitigation Issues."
- González, G. Venegas, M. Orozco, E. Martínez, R. García, S. Ramos, G. Rodríguez R. 2010 "La Excreta de Cerdo Como Ingrediente Alimenticio en La Dieta de Rumiantes. Ciencia en la frontera: Revista de ciencia y Tecnología de la UACJ.
- González, V. Krystle, D. Daza, R. Caballero, A. Martínez, C. (2016)"Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel" Revista Luna Azul (43) Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321745921021.pdf>.
- Guzmán, J. Karina, J. (2017). Cambio climático y efecto invernadero. Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia, Bachillerato a Distancia. México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/500467>.
- Grupo Banco Mundial. 2015."Cambio Climático. Panorama General".
- Herrera, H. Mendoza, M. Hernández, G. 1998 "La Ganadería Familiar en México. INEGI y Colegio de Postgraduados. Aguascalientes, México.
- Heseker A., Beckhausen W.S., Flachowsky G. and Kamphues J. 1996. Foodwastes –a new component in pig feeding as a challenge for the mixed feed manufacturing industry.

- INE. Instituto Nacional de Ecología, 2010. Informe Final. "Temas emergentes en cambio Climático metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación"
- INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2012. "ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO.: VISIÓN, ELEMENTOS Y CRITERIOS PARA LA TOMA DE DECISIONES"
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2013. "Estadística sobre Medio Ambiente".
- IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Directrices Para Los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero, Versión 1996. París, Francia
- Isaksen, I. S. A., Granier, C., Myhre, G., et al. (2009). "Atmospheric composition change: Climate-Chemistry interactions."
- Kato, L. 1995 "La Producción Porcícola en México: Contribución Al Desarrollo De Una Visión Integral" Universidad Autónoma Metropolitana. Distrito Federal, México.
- Mariscal, G. 2007. "Tecnologías Disponibles Para Reducir El Potencial Contaminante De Las Excretas De Granjas Porcícolas" FAO. Capítulo 7.
- Miranda, A. Ramirez, k. Inoue, A. 2017 "La gobernanza y la política de cambio climático: el caso de Texcoco" recuperado de Repositorio UAEM.
- Motta, SS., Booth 2001 Utilización de desperdicios en la alimentación del ganado, Limusa Ediciones. Zaragoza España.
- Muñoz, M (2015) "Vulnerabilidad de la producción porcina a pequeña escala frente a los tratados de libre comercio" REDVET revista electrónica de veterinaria 16(1) recuperada de:
<http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Vulnerabilidad%20de%20la%20produccion%20porcina%20a%20pequena%20escala%20frente%20a%20los%20tratos%20de%20libre%20comercio.pdf>
- Richard, a. Blaidoo, M. 2011. "Harnessing Methane Generated From Livestock Manure in Ghana, Nigeria. Magazine Biomass and Bioenergy. Available online at www.sciencedirect.com

Santos, R., Sarmiento, R. Belmar, I. Vado, E. Abreu, I. 1996. "Pig Production in Yucatan, México. Pig News and Information.

SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1999. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas "minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos" México, D.F

Secretaria del medio ambiente, Pro natura, Uaemex,INECC (2013) "Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático del Estado de México 2013"

Schwentesius, R. Gómez, M. 1991. "La porcicultura Mexicana Ante la Posible Firma de un Tratado de Libre Comercio con EUA y Canadá" Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria Mundial. Universidad autónoma de Chapingo.

Suárez, B. Barkin, D. 1990 "Porcicultura, Producción de Traspatio Otra alternativa". Ed. Centro de Ecodesarrollo. México, D.F.

Varnero, M. 2011 "Preparación del manual de Biogas" Gobierno de Chile ministerio de energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Global environment Facility.