

Informe sobre emisiones y potencial de reducción de emisiones para la producción ganadera en Cuba

Brian McConkey and Tanya Maynes

Viresco Solutions, Inc.

Resumen

Debido a numerosos desafíos, la producción de leche y carne de ganado en Cuba tiene altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por unidad de producción. Las intensidades de GEI para las condiciones de referencia de 2018 son más del doble que las intensidades promedio de GEI para la producción de leche y carne para la región de América Latina y el Caribe. Por lo tanto, existe una gran oportunidad para reducir las emisiones de GEI mejorando la eficiencia de la producción ganadera en Cuba sin comprometer el bienestar animal u otros resultados ambientales. Se evaluaron tres conjuntos diferentes de mejoras en las prácticas, representados por tres escenarios (A, B y C), y se compararon con un escenario base que se alinea en general con la gestión ganadera nacional actual. Los cuatro escenarios (A, B, C y base) tenían la misma área total y cada uno tiene 1000 vacas. Las prácticas implicaron mejorar la cantidad y calidad de la dieta mediante un mayor uso de forrajes almacenados y un mejor manejo de los pastos. En los escenarios, la mejora de la dieta, cuando se combina con otras prácticas para mejorar la salud del hato, mejoró enormemente el rendimiento de los animales y redujo la mortalidad de animales no intencionada. En comparación con el escenario base, los escenarios de sistemas de producción mejorados (A, B y C) afectan la productividad total más que las emisiones de gases de efecto invernadero. El escenario A, con la mejora más modesta en las prácticas, redujo las emisiones totales en un 27% pero aumenta la producción de leche en un 250% y la producción de carne en un 21%. El escenario B, con más mejoras en el manejo y los pastos, tiene emisiones totales un 10% menos que el escenario base pero tiene tres veces la producción de leche y un 52% más de producción de carne. El escenario C, con la mayor mejora y la mayoría de los cambios en los pastos, incluyendo algunas silvopastolas, tiene un 8% más de emisiones que el escenario base, pero alrededor de 4 veces más leche y 2 veces más producción de carne que el escenario base. El aumento de la eficiencia y la productividad debería mejorar los medios de vida rurales, el bienestar animal y los resultados ambientales no relacionados con los gases de efecto invernadero.

La implementación de estas mejoras prácticas podría reducir la intensidad de GEI de la producción de leche en aproximadamente un 73% para la leche y un 43% para la carne sin incluir el efecto de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa aérea y subterránea. La inclusión de cambios en las existencias de carbono reduce significativamente la intensidad de las prácticas mejoradas. Además, incluir el potencial de bioenergía de los digestores de metano que utilizan estiércol de ganado recolectado también proporciona reducciones adicionales cuando se sustituye por energía suministrada por combustibles fósiles. De hecho, para las prácticas que incluyen sistemas silvopastoriles en el 20% del área de tierra utilizada para la producción de ganado, existe evidencia de que la producción de leche y carne con carbono negativo con remociones de emisiones de cambios en las existencias de carbono excede las emisiones totales de GEI, al menos durante los 20 años. tras el establecimiento de las silvopastolas. Sin incluir los efectos de los cambios en las existencias de carbono, una opción diferente

de adopción parcial de las prácticas mejoradas para una porción solitaria del total del ganado cubano tendría más beneficios positivos para la producción de leche y carne que para la reducción de las emisiones de GEI. Por lo tanto, la cantidad de reducción potencial en las emisiones nacionales de GEI dependerá tanto del grado de adopción de prácticas mejoradas para la producción de ganado como de las metas para la cantidad total de producción de leche y carne. Es posible aumentar la producción de leche en un 50% con la adopción parcial de prácticas mejoradas con reducciones alcanzables de las emisiones totales de gases de efecto invernadero también en alrededor del 50%.

Introducción

La producción de ganado es importante para Cuba. Para 2016, la Tercera Comunicación Nacional de Cuba (Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente 2020) informa que 2617 millones de hectáreas (Mha, 24% de la superficie de Cuba) son pastos naturales, principalmente utilizados para la producción ganadera. Además, hay alrededor de 0,5 Mha de pastos mejorados (cultivados). Las emisiones totales de la agricultura son 10000 kt de CO₂e, aproximadamente una quinta parte del total nacional de emisiones de gases de efecto invernadero. La Tercera Comunicación Nacional no separa las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción ganadera. Sin embargo, al estimar la fermentación entérica, algunas emisiones de metano del estiércol y algunas emisiones de óxido nitroso del estiércol aplicado al suelo, aproximadamente la mitad de las emisiones de efecto invernadero de la agricultura pueden atribuirse a la producción ganadera. Eso significa que alrededor del 10% de las emisiones nacionales totales se pueden atribuir a la producción ganadera.

El sistema de producción de ganado cubano tiene muchos desafíos, entre ellos:

- Sistema de alimentación con pastos naturales de baja calidad
- Baja fertilidad del suelo (acidez, erosión, MO, salinidad, compactación y drenaje)
- Áreas de producción de alimentos insuficientes
- Los requisitos de materia seca, energía, proteínas y minerales no están cubiertos durante todo el año.
- Manejo inadecuado en áreas de pastos y forrajes que afectan la persistencia, disponibilidad y calidad, así como la invasión de malezas herbáceas y arbustivas
- Déficit de plantas proteicas y alimentos de calidad
- Poca presencia de árboles en los pastos
- Déficit hídrico para consumo animal y saneamiento de instalaciones
- Bajos indicadores productivos y reproductivos
- Los desechos de ganado no se reciclan en la mayoría de las unidades de producción (falta de cultivo o equipo)
- Debido a los factores anteriores, la producción de leche y carne de ganado tiene baja eficiencia y desempeño económico.

La implementación de prácticas que superen algunos de estos desafíos mejorará la eficiencia y aumentará la productividad de la producción de ganado, al tiempo que reducirá la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de leche y carne producidas. El efecto sobre las

emisiones absolutas depende de cómo las intervenciones de manejo afectan el equilibrio entre la eficiencia de GEI, la producción nacional total de carne y leche y el tamaño del rebaño nacional de ganado. Es posible que se produzcan grandes aumentos en la producción nacional de leche y carne de ganado con la reducción de las emisiones nacionales totales de gases de efecto invernadero, especialmente si el aumento total de la producción nacional se reduce mediante la reducción del rebaño nacional de ganado.

En su Primera Contribución Nacionalmente Determinada (Actualizada) (Gobierno Cubano 2020), el Gobierno de Cuba no identificó metas específicas para la producción ganadera. Sin embargo, había un objetivo general para la agricultura de desarrollar aún más la resiliencia y un desarrollo menos intensivo en carbono. Obviamente, este objetivo es relevante para la producción ganadera. Otro objetivo de la economía era aumentar el uso de fuentes de energía renovables. Este objetivo es relevante donde, por ejemplo, existen oportunidades para recolectar estiércol de ganado y usar el estiércol en biodigestores para producir metano para obtener energía.

Métodos

Oportunidades de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero

El Equipo Cubano del Proyecto estuvo integrado por expertos y líderes de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. El Equipo, con el aporte solicitado de otros expertos cubanos en producción ganadera, desarrolló una lista de prácticas potenciales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Estos se enumeran en el cuadro 1. También desarrollaron una lista de barreras para la adopción (Cuadro 2).

A través de la discusión con expertos y líderes cubanos de la industria ganadera, estos se redujeron a un pequeño número de combinaciones de prácticas, denominadas escenarios. Originalmente, las discusiones se llevarían a cabo en dos grupos de talleres, el primero para delimitar las opciones de práctica y el segundo para discutir la adoptabilidad y los beneficios de los gases de efecto invernadero de las combinaciones de prácticas. Sin embargo, Covid-19 produjo importantes restricciones en las reuniones y solo permitió un conjunto de talleres. Por lo tanto, la reducción inicial a un conjunto de prácticas en varias combinaciones, denominadas escenarios, se realizó a través de consultas más limitadas, lideradas por el Equipo del Proyecto Cubano, dentro de Cuba a través de correo electrónico. Usando esos escenarios iniciales, se calcularon estimaciones preliminares de cómo cambiaron las emisiones de gases de efecto invernadero y cómo se vieron afectadas las intensidades de las emisiones de gases de efecto invernadero. Las prácticas, los escenarios y los resultados preliminares de gases de efecto invernadero se compartieron con un conjunto más amplio de partes interesadas en la producción ganadera cubana en un taller a fines de noviembre de 2020. Como resultado de este taller, los escenarios se modificaron levemente, incluidas las modificaciones a la adopción de prácticas esperadas y al rendimiento esperado del ganado con esa adopción esperada.

Cuadro 1. Enumere las prácticas potenciales para mejorar la producción ganadera y su eficiencia.

Alternativa	Prácticas o componentes
1-Mejorar el manejo de los pastos	Ajustes de la carga animal según sistema productivo Siembra de pastos mejorados Potreros más pequeños Cercos eléctricos Rotación de potreros (pastoreo rotacional y/o racional) Control sistemático de malezas Uso de bioproductos para el control integrado de plagas y enfermedades Renovación (siembra y establecimiento según sistema de regionalización de pastos y forrajes) Rehabilitación de pastizales Fomento de asociaciones múltiples Manejo de área de pastoreo (recuperación del pastoreo racional) Manejar áreas de producción de forrajes y plantas proteicas Producción de semillas de pastos, forrajes y granos Respetar tecnologías y cubrir requerimientos de suelos y cultivos
2-Establecimiento de banco forrajeros energético-proteicos	<i>Saccharum officinarum</i> L. (Caña de azúcar) <i>Pennisetum purpureum</i> Schumach (King grass) <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray (Tithonia) <i>Morus alba</i> L. (Morera) <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit y otras leguminosas <i>Moringa oleifera</i> Establecimiento de otras especies forrajeras en función a las condiciones edafoclimáticas de los escenarios productivos.
3-Sistemas agrosilvopastoriles	Árboles dispersos en potrero Bancos de proteína Cercas vivas Asociación de árboles en toda el área Sistemas silvopastoriles intensivos (alta densidad de arbóreas) Siembra de especies maderables en los cuarterones, en baja densidad, considerando las condiciones edafoclimáticas y la flora local
4- Conservation of pastures and forages	Alimentos conservados en formas de ensilajes y heno (gramíneas, leguminosas y otras especies forrajeras) Utilización de diferentes tecnologías para la conservación en función de las condiciones locales (bolsas, anillos, sacos u otros), para los diferentes escenarios productivos.
5-Gestión eficiente del manejo de la finca con enfoque de género	Control pecuario Manejo eficiente del flujo zootécnico Manejo y control de la salud del rebaño Manejo reproductivo y zoonológico del rebaño Mejoramiento genético (selección participativa) Selección y descarte del ganado improductivo Manejo adecuado del ternero Disponibilidad y calidad del agua Bienestar animal
6-Infraestructura y equipos	Instalaciones de sombra Sala y equipos de ordeño. Cumplimiento de rutina e higiene de ordeño Pesas para la determinación del peso vivo de los animales Equipamiento para medir producción de leche individual Sistema de abastecimiento y distribución del agua para el sistema productivo.

Alternativa	Prácticas o componentes
	Embarcaderos y cepos para el manejo de los animales Equipamiento para el procesamiento de los alimentos (troceadoras, molinos, mezcladora, secaderos solares, entre otros)
7-Manejo sostenibles de los suelos	Balance de nutrientes del sistema Manejo del estiércol (lombricultura, compostaje, biodigestores, bioles) Fertilización (orgánica) Fertilización (química en el caso que el suelo requiera esta enmienda) Ajuste de la carga animal en función de la calidad del suelo Uso de los bioproductos Intercalamiento y uso de abonos verdes
8- Uso de aditivos zootécnicos y empleos de residuos y subproductos agroindustriales	Suplementación estratégica y diferenciada Suplementación mineral Producción de alimentos en los escenarios teniendo en cuenta los recursos locales Usos de probiótico, prebióticos y activadores ruminales Conservación de alimentos (Ensilajes, henos y harinas) Productos y subproductos agroindustriales (caña y sus subproductos, residuales de la explotación pecuaria) Activadores de la fermentación animal Aditivos zootécnicos Alimentos producidos por vías biotecnológicas
9- Gestión socio-económica	Sistema económico financiero eficiente Mecanismos financieros Políticas ambientales Formación de recursos humanos y capacitación Aspectos regulatorios

El equipo cubano también desarrolló una lista de las posibles barreras para la adopción. Estos se enumeran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Barreras para la adopción.

<p><i>Barreras técnico-productivas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Limitaciones en la agroproduktividad de los suelos y pérdida progresiva de su fertilidad. • No existe una estrategia definida a nivel nacional y local para la producción de semillas de pastos, forrajes y granos. • Creciente disminución de las áreas de pastos y forrajes mejorados. • Restricción del tiempo de pastoreo (no se realiza el pastoreo nocturno). • Invasión de leñosas espinosas y áreas ociosas. • Deficiente base alimentaria para cubrir los requerimientos. • Poca aplicación de las tecnologías disponibles para el sector. • Interrupción del flujo zootécnico y estructura de los rebaños deficientes para garantizar el fin productivo. • Ganado improductivo en el hato. Política genética no coherente con sistemas de producción existentes • Falta de un sistema de extensión e innovación local. • Insuficiente uso de fuentes renovables de energía. • Insuficiente maquinaria e implementos. • Falta de disciplina tecnológica. • Ausencia de un enfoque sistémico a lo largo del ciclo de la cadena productiva. • Ausencia de una política coherente para el manejo agroecológico del agroecosistema. • Estructuras organizacionales totalmente verticales, rígidas y centralistas. • Falta de encadenamientos productivos y enfoque de cadenas.
<p><i>Barreras económicas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Insuficientes incentivos económicos para estimular la eficiencia productiva • Inestabilidad laboral. • No existencia de una política coherente para el pago por servicios ambientales. • Limitación de recursos materiales y financieros. • Falta de cuantificación y penalización por pérdidas económicas. • Sistemas organizativos y contable-financieros poco eficientes. • Desconocimiento del valor del suelo y de las amortizaciones de infraestructura y maquinaria, • Presencia casi nula de inversión extranjera, • Esquema administrativo centralizado de asignación de recursos a los productores con ausencia de un mercado interno de insumos pecuarios. • No se aprecia un reconocimiento efectivo de la importancia del mercado diversificado.

Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero

Las emisiones de gases de efecto invernadero para la producción ganadera se estimaron por Viresco Solutions utilizando el software de inventario nacional de gases de efecto invernadero para la agricultura y el uso de la tierra, según las metodologías de las Directrices del IPCC de 2006 (<https://www.nrel.colostate.edu/projects/alusoftware/home/>) en adelante denominado ALU2006. El software ALU2006 fue desarrollado por la Universidad Estatal de Colorado y está disponible

gratuitamente (<https://www.nrel.colostate.edu/projects/alusoftware/download-software.php>). ALU2006 se desarrolló específicamente para ayudar a los países no incluidos en el Anexo 1, como los de América Latina y el Caribe, a producir inventarios nacionales. Este software proporciona una rigurosa comprobación interna de la coherencia de los datos. Las entradas se recopilan y organizan en una base de datos de Access. Los resultados de salida de ALU2006 se proporcionan en hojas de cálculo de Excel. Desafortunadamente, la versión actual de ALU2006 solo está disponible en inglés (tenga en cuenta que algunas versiones anteriores de ALU que actualmente no son compatibles u operativas estaban en español).

ALU2006 se utilizó específicamente para implementar metodologías de Nivel 2 para las emisiones entéricas del ganado disponibles en las Directrices del IPCC de 2006. La metodología de Nivel 2 permite calcular los efectos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero de los cambios en la calidad de la dieta del ganado y las características del rendimiento del rebaño, incluidas las tasas de preñez, lactancia, peso vivo y aumento de peso diario. Esto fue importante porque los cambios tanto en la calidad de la dieta como en las características de rendimiento del hato eran importantes para los escenarios de manejo mejorado. La alternativa fue utilizar metodologías de Nivel 1 que utilizan emisiones fijas para cada tipo de animal sin tener en cuenta la calidad de la dieta o las características de rendimiento del ganado. Cuando el Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006 tuvo actualizaciones significativas de factores y valores, se utilizaron estas actualizaciones. Los valores actualizados que se utilizaron incluyen factores de emisión de biodigestores para producir metano, requeridos para uno de los escenarios de manejo mejorado, y estimaciones de existencias de carbono del suelo que afectaron todos los escenarios de manejo mejorado.

Aunque los cambios en la biomasa y las existencias de carbono del suelo se podrían realizar utilizando ALU2006, estos cambios se calcularon en una hoja de cálculo separada para simplificar (ALU2006 requeriría que se incluyera una matriz completa de usos de la tierra y esa complejidad no era necesaria para este análisis). Estos cálculos se basaron en las Directrices del IPCC de 2006.

La cantidad de cambio en las existencias de carbono orgánico del suelo se estimó utilizando valores por defecto de los Refinamientos de 2019 a las Directrices del Inventario de Gas de Efecto Invernadero del IPCC y factores de 2006. Suponemos que las 47 ha de tierra que fueron pasturas mejoradas en el escenario base se convirtieron en forrajes Escenarios A, B y C. Suponemos que el área de pasto fue pasto moderadamente degradado («pastizal moderadamente degradado») debido a la alta intensidad de pastoreo en relación con la producción de pasto en el escenario base. Para escenarios de rotaciones mejoradas, el pastoreo rotacional y racional hizo que el pasto se moviera a un estado no degradado.

Emisiones de la línea de base de gases de efecto invernadero

El Equipo Cubano proporcionó los valores (número de ganado, características del rebaño) para la producción de ganado en 2018 a partir de datos oficiales del gobierno. Estos se enumeran en el Cuadro 3.

Intensidades de emisión de gases de efecto invernadero

Las intensidades de emisión de gases de efecto invernadero se calcularon como el total de emisiones netas dividido por el número de vacas, la cantidad de producción anual de leche y la cantidad de peso en canal de los animales para la carne. Las emisiones totales fueron la suma de la fermentación entérica, el CH₄ del estiércol y las emisiones indirectas y directas del estiércol aplicado a los suelos. En su caso, se incluyeron los cambios en las existencias de carbono. Las emisiones se convirtieron en CO₂e utilizando los potenciales de calentamiento global del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC 2007), es decir, 1 kg CH₄ = 25 kg CO₂e, 1 kg N₂O = 298 kg CO₂e.

El peso de la canal se estimó como el peso vivo multiplicado por 50% como factor para América Latina y el Caribe (FAO.2019). La producción de leche para la línea de base se incrementó en un 30% para incluir la leche suministrada a los terneros (García Trujillo 1991) que no se incluyó en las estadísticas iniciales de producción de leche de línea de base.

Para los escenarios, el peso vivo de la carne se calculó multiplicando la cabeza de los animales maduros recolectados por su peso corporal maduro promedio. El número de cabezas recolectadas fue igual al número de animales de reemplazo que se convirtieron en toros de ceba y vacas.

Cuadro 3. Características animales para línea de base 2018

tipo	Ganado cabezas	Peso Vivo		Edad		Ganancia (kg/day)	Hembras		Producción		Digestibilidad (%)	proteína bruta (%)	retención de N (%)
		comienzo (kg)	final	comienzo (months)	final		embarazadas (%)	lactantes (%)	de leche (kg/day)	gestión de estiércol			
Terberos	361000	30	105	0	12	0.2	0	0	0	pastos	55	4.8	47
añojos	226400	105	180	12	24	0.2	0	0	0	pastos	55	4.8	47
Toretas	198900	180	255	24	36	0.2	0	0	0	pastos	55	4.8	47
Toros de ceba	275900	255	340	36	54	0.2	0	0	0	pastos	55	4.8	47
Bueyas	195700	340	500	36	96	0.2	0	0	0	pastos	55	4.8	47
Sementales	14900	255	450	36	96	0.2	0	0	0	puestos	67.5	4.8	47
Ternas	372000	30	105	0	12	0.2	0	0	0	pastos	55	4.8	47
añojas	244600	105	180	12	24	0.2	0	0	0	pastos	55	4.8	47
Novillas	749900	180	290	24	42	0.2	50	0	0	pastos	55	4.8	47
Vacas	1169100	290	370	42	144	0.2	50	50	4.6	pastos	55	4.8	47

Resultados

Escenarios finales de prácticas productivas mejoradas

A través de consultas y talleres, se desarrollaron cuatro escenarios de producción de ganado para rebaños comparables basados en 1000 vacas. Un escenario fue un escenario base correspondiente a la gestión convencional. Este escenario generalmente se alinea con la línea de base nacional de 2018, pero es una simplificación que no tiene la complejidad de la línea de base de 2018 que incluye toda la producción ganadera de Cuba. Los otros tres escenarios fueron escenarios de producción mejorados con diferentes combinaciones de prácticas. Estos escenarios se describen en los cuadros 4 a 7. Los cuadros 8, 9, 10 y 11 resumen las entradas para los escenarios base, A, B y C, respectivamente. Cuadro 4. Descripción del escenario base.

Escenario	Componente	Productividad
<p>Escenario base.</p> <p>Sistema de alimentación con pastos naturales, el estiércol no se maneja se deposita en el pastizal, dos o tres cuartones grandes superiores a las 2 ha. Sistema de alimentación con predominio de pastos y forrajes de baja calidad con alta invasión de plantas indeseables, sistemas de manejo inadecuado con baja intensidad de selección genética, insuficiente disponibilidad y calidad del agua para el consumo y saneamiento de las unidades unido a un manejo inadecuado de los residuales. Insuficientes políticas públicas y mecanismos socio-económicos y financieros que incentiven la productividad y estabilidad laboral.</p>	<p>Baja fertilidad de los suelos (acidez, erosión, MO, salinidad, compactación y drenaje)</p> <p>Predominio de pastos naturales de baja calidad</p> <p>Insuficientes áreas de producción de alimento</p> <p>No se cubren los requerimientos de MS, energía, proteína y minerales.</p> <p>Bajos indicadores productivos y reproductivos</p> <p>Insuficiente empleo de FER</p> <p>Manejo inadecuado del sistema de crianza artificial del ternero</p> <p><u>Déficit de alimento voluminoso para el ganado durante todo el año</u> con predominio de pastos naturales de baja calidad</p> <p>Baja fertilidad de los suelos (acidez, erosión, MO, salinidad, compactación y drenaje)</p> <p>Bajos indicadores productivos</p> <p><u>No se dispone de bancos de semillas para garantizar las nuevas siembras</u></p> <p><u>Déficit de agua para el consumo animal y saneamiento de instalaciones</u></p> <p><u>Déficit de plantas proteicas y alimentos de calidad</u></p> <p><u>Manejo inadecuado en las áreas de pastos y forrajes que afectan su persistencia, disponibilidad y calidad, así como la invasión de malezas herbáceas y arbustivas</u></p>	<p>3.1 kg/vaca en ordeño/día.</p> <p>Índice de natalidad del 50 %</p> <p>50 % en ordeño</p> <p>Mejora de la carga a una 0,9 UGM/ha</p> <p>Mortalidad del 20^a % en las categorías inferiores y del 12^a % en animales adultos</p> <p>Requerimientos de los animales cubiertos 80 %</p> <p>Peso vivo: 370 kg</p> <p>100% de pastos naturales</p> <p>GMD: Menos de 200 g/animal/día en todas las categorías</p> <p>Peso de sacrificio: menos de 350 kg</p> <p>Limitante suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 45% de los suelos son bajos en MO - Buscar dato de salinidad, acidez y compactación <p>Raciones de 1.9 Mcal/kg MS y 8 % PB.</p>

Escenario	Componente	Productividad
	<u>Poca presencia de árboles en los potreros</u> <u>Insuficiente acuartonamiento en las unidades</u> <u>No se realiza balance forrajero ni alimentario</u> <u>Insuficiente empleo de fuentes renovables de energía</u> <u>No se reciclan los residuales pecuarios en la mayoría de las unidades productivas (falta de cultura o de equipamientos)</u>	

^aLa mortalidad estimada inicial fue de 30 y 20% para animales jóvenes y viejos, pero estos se redujeron para tener suficientes hembras de reemplazo para tener una población sostenida de 1000 vacas.

Cuadro 5. Descripción del escenario A.

Escenario	Componente	Productividad
<p>Escenario A. Mejora del manejo del rebaño de la entidad productiva además del manejo de pastos. En segunda instancia, luego del mejor manejo de pasturas, se siembra área de forraje con fertilización orgánica para su uso fresco y propiciar la conservación de alimentos y se potenciará el empleo de las cercas vivas.</p>	<p>Ajustes de la carga animal según sistema productivo Potreros más pequeños Cerca eléctrica Rotación de potreros (pastoreo rotacional) Control sistemático de malezas Utilización de bioproductos Mejora del suministro de agua para el rebaño Siembra de áreas forrajes Elaboración de alimentos conservados Mejora y manejo del suelo Fertilización orgánica Cercas vivas</p>	<p>Producción de leche: 6 kg Índice de natalidad: 55 % Porcentaje de vacas en ordeño: 55 % Tiempo de reposo: 65-70 días Carga: 1,5 UGM/ha Mortalidad en las categorías terneros: 15% Mortalidad en animales adulto:10 % Porcentaje de la dieta que es el forraje: 30 % Peso vivo de las vacas: 390 kg Vacas al primer parto: 36 meses Intervalos partos-Partos: 480 días Porcentaje de reemplazo: 30 % Retención del nitrógeno con la dieta: 45-50 % Peso vivo del ganado ceba al sacrificio: 370 kg Ganancias por categoría: hasta 400 g Edad de sacrificio: 30 meses Gestión del estiércol: Abonos orgánicos</p>

Cuadro 6. Descripción del escenario B..

Escenario	Componente	Productividad
<p>Escenario B. Mejora del manejo del rebaño de la finca además del manejo de pastos. En segunda instancia, luego del mejor manejo de pasturas, se siembra área de forraje fertilizado (orgánica) para la utilización de alimentos conservados. Además, se mejora la salud y el comportamiento reproductivo del rebaño. Se realiza suplementación con minerales y con el forraje conservado. También se maneja el estiércol.</p>	<p>Ajustes de la carga animal según sistema productivo Siembra de pastos mejorados Potreros más pequeños Cerca eléctrica Rotación de potreros (pastoreo rotacional y racional) Control sistemático de malezas Utilización de bioproductos Mejora del suministro de agua para el rebaño Siembra de áreas forrajes Elaboración de alimentos conservados Mejora del manejo del suelo Fertilización orgánica Cercas vivas Control pecuario Técnicas de amamantamiento y/o crianza artificial Manejo y control de la salud del rebaño Manejo reproductivo Mejoramiento genético (selección participativa) Selección y descarte del ganado Manejo del estiércol Suplementación estratégica y diferenciada Suplementación mineral Manejo de costos</p>	<p>Producción de leche: 7.0 litros Índice de natalidad: 60 Porcentaje de vacas en ordeño: 60 % Tiempo de reposo: 30 en lluvia y 60 en seca Carga: 1.5 UGM/ha Mortalidad en las categorías terneros: 15% Mortalidad en animales adulto: 8% Porcentaje de la dieta que es el forraje: 25% Peso vivo de las vacas: 400 kg Edad al primer parto: 30 meses Intervalos partos-Partos: 410 días Porcentaje de remplazo: 20 % Retención del nitrógeno con la dieta: 45-50 % Peso vivo del ganado de ceba al sacrificio: 400 kg Ganancias por categoría: Terneros hasta 400 g/d Añojos hasta 700 g Torete hasta 600 g Toros hasta 500 g Edad de sacrificio: 28-30 meses Gestión del estiércol: Se gestiona el 30 % para la fabricación de Compost, Bioles y otros</p>

Cuadro 7. Descripción del escenario C.

Escenario	Componente	Productividad
<p>Escenario C. Sistema de alimentación con predominio de pastos, forrajes mejorados de calidad y variantes de sistemas silvopastoriles que se manejan de forma racional y se garantizan los requerimientos de agua, MS, energía, proteína y minerales con un suficiente de complementos y suplementos a partir de recursos agroindustriales y naturales que unidos a buenas prácticas de selección genética, reproducción y salud permiten producciones sostenibles por unidad de área con reducción de la emisión de GEI / Kg de leche y carne producida en contribución a la soberanía alimentaria y nutricional.</p>	<p>Potrereros más pequeños Cerca eléctrica Rotación de potrereros (pastoreo rotacional) Control sistemático de malezas Utilización de bioproductos Mejora del suministro de agua para el rebaño Siembra de áreas forrajes Elaboración de alimentos conservados Empleo de aditivos zootécnicos Mejora del manejo del suelo Fertilización orgánica Cercas vivas Manejo y control de la salud del rebaño Manejo reproductivo Mejoramiento genético (selección participativa) Selección y descarte del ganado improductivo Manejo del estiércol Suplementación estratégica y diferenciada Suplementación mineral Manejo de costos Silo de anillos (gramíneas, harina de arbóreas, sorgo y leguminosas) Siembra de pastos y arbóreas en toda el área.</p>	<p>Producción de leche: 8.0 litros Índice de natalidad: 70 Porcentaje de vacas en ordeño: 70 % Tiempo de reposo: 30 en lluvia y 60 en seca Carga: 1.5-1,6 UGM/ha Mortalidad en las categorías terneros: 10% Mortalidad en animales adulto: 5 % Porcentaje de la dieta que es el forraje: 15-20 % Peso vivo de las vacas: 400 kg Edad al primer parto: 30 meses Intervalos partos-Partos: 410 días Porcentaje de remplazo: 20 % Retención del nitrógeno con la dieta: 45-50 % Peso vivo del ganado de ceba al sacrificio: 420 kg Ganancias por categoría: Terneros hasta 500g Añojos hasta 700g Torete hasta 600g Toros hasta 600g Edad de sacrificio: 30 meses Gestión del estiércol: Se gestiona el 30% mediante fuentes renovables de energía</p>

Cuadro 8. Características animales para el escenario base

tipo	Ganado cabezas	Peso Vivo		Edad		Ganancia (kg/day)	Hembras		Producción de leche (kg/day)	gestión de estiércol	Dieta		retención animal de N (%)
		comienzo (kg)	final	comienzo (months)	final		embarazadas (%)	lactantes (%)			Digestibilidad (%)	proteína bruta (%)	
Terneros	250	30	100	0	12	0.192	--	--	--	pastos	55	4.8	47
añojos	220	100	170	12	24	0.192	--	--	--	pastos	55	4.8	47
Toretas	194	170	240	24	36	0.192				pastos	55	4.8	
Toros de ceba	170	240	340	36	42	0.100	--	--	--	pastos	55	4.8	47
Bueyes		340	500	36	144	0.03	--	--	--	pastos	55	4.8	47
Terneras	250	30	100	0	12	0.192	--	--	--	pastos	55	4.8	47
añojas	220	100	170	12	24	0.192	--	--	--	pastos	55	4.8	47
Novillas	194	170	280	24	42	0.192	50	--	--	pastos	55	4.8	47
Vacas	1000	240	370	42	168	0.100	50	50	6	pastos	55	4.8	47

Cuadro 9. Características animales para el escenario A

tipo	Ganado cabezas	Peso Vivo		Edad		Ganancia (kg/day)	Hembras		Producción de leche (kg/day)	gestión de estiércol	Dieta		
		comienzo (kg)	final	comienzo (months)	final		embarazadas (%)	lactantes (%)			Digestibilidad (%)	proteína bruta (%)	retención animal de N (%)
Terneros	275	30	117	0	12	0.238	--	--	--	pastos	60	4.75	47
añojos	234	100	265	12	24	0.405	--	--	--	pastos	60	4.75	47
Toros de ceba	210	265	370	24	36	0.404	--	--	--	pastos	60	4.75	47
Bueyes	2	370	500	36	96	0.030	--	--	--	pastos	60	4.75	47
Terneras	275	30	117	0	12	0.238	--	--	--	pastos	60	4.75	47
añojas	234	117	265	12	24	0.405	--	--	--	pastos	60	4.75	47
Novillas	210	265	390	24	36	0.342	55	--	--	pastos	60	4.75	47
Vacas	1000	390	390	36	132	0.100	55	55	6	pastos	60	4.75	47

Cuadro 10. Características animales para el escenario B

tipo	Ganado cabezas	Peso Vivo		Edad		Ganancia (kg/day)	Hembras		Producción de leche (kg/day)	gestión de estiércol	Dieta		
		comienzo (kg)	final	comienzo (months)	final		embarazadas (%)	lactantes (%)			Digestibilidad (%)	proteína bruta (%)	retención animal de N (%)
Terberos	300	30	120	0	12	0.247	--	--	--	Pastos 70%, Compost 30%	67.5	5.5	47
añosos	255	120	330	12	24	0.575	--	--	--	Pastos 70%, Compost 30%	67.5	5.5	47
Toros de ceba	235	330	400	24	28	0.574	--	--	--	Pastos 70%, Compost 30%	67.5	5.5	47
Bueyes	2	400	500	36	96	0.030	--	--	--	Pastos 70%, Compost 30%	67.5	5.5	47
Terneras	300	30	120	0	12	0.247	--	--	--	Pastos 70%, Compost 30%	67.5	5.5	47
añosas	255	120	310	12	24	0.521	--	--	--	Pastos 70%, Compost 30%	67.5	5.5	47
Novillas	235	310	400	24	30	0.495	60	--	--	Pastos 70%, Compost 30%	67.5	5.5	47
Vacas	1000	390	400	30	108	0.100	60	60	7.2	Pastos 70%, Compost 30%	67.5	5.5	47

Cuadro 11. Características animales para el escenario C

tipo	Ganado cabezas	Peso Vivo		Edad		Ganancia (kg/day)	Hembras		Producción de leche (kg/day)	gestión de estiércol	Dieta		
		comienzo (kg)	final	comienzo (months)	final		embarazadas (%)	lactantes (%)			Digestibilidad (%)	proteína bruta (%)	retención animal de N (%)
Terberos	350	30	120	0	12	0.247	--	--	--	70% pastos, 30% biogás	67.5	5.5	47
añosos	315	120	320	12	24	0.548	--	--	--	70% pastos, 30% biogás	67.5	5.5	47
Toros de ceba	299	320	420	24	30	0.549	--	--	--	70% pastos, 30% biogás	67.5	5.5	47
Bueyes	2	420	500	30	96	0.030	--	--	--	70% pastos, 30% biogás	67.5	5.5	47
Terneras	350	30	120	0	12	0.247	--	--	--	70% pastos, 30% biogás	67.5	5.5	47
añosas	315	120	310	12	24	0.521	--	--	--	70% pastos, 30% biogás	67.5	5.5	47
Novillas	299	310	400	24	30	0.495	70	--	--	70% pastos, 30% biogás	67.5	5.5	47
Vacas	1000	400	400	30	84	0.100	70	70	8.2	70% pastos, 30% biogás	67.5	5.5	47

Cambio en las existencias de carbono

El cuadro 12 resume las áreas de tierra utilizadas en los cuatro escenarios. Todos los escenarios se establecieron para tener la misma superficie total de tierra (1438 ha). Sin embargo, la cantidad de alimento proporcionada por esa área de tierra aumentó del escenario base al escenario C. El cuadro 13 proporciona las existencias estimadas de carbono (C) del suelo dentro de los cuatro escenarios. El cuadro 14 resume los cambios en las existencias de carbono del suelo con la implementación de los escenarios A, B y C.

El escenario C implicó el establecimiento de un sistema silvopastoril de algunas de las tierras utilizadas para la producción. Esto producirá aumentos en la biomasa leñosa además de cambios en el carbono del suelo. Según las tasas actualizadas del Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006, la tasa de acumulación de biomasa aérea para silvopastolas tropicales fue de 2,91 t C / ha / año y la biomasa subterránea fue de 0,79 t C / ha / año. La tasa total de cambio de las existencias de C en la biomasa fue de 3,7 t C / ha / año.

Side panels Cuadro 12. Área y usos de la tierra

Escenario	Área (ha)				
	Total	Pastos naturales	Pastos del King grass fertilizados	Pastos cultivados y fertilizados	Sistemas silvopastoriles
Base	1438	1438	0	0	0
A	1438	1338	100	0	0
B	1438	331	100	1007	0
C	1438	0	100	1050	288

Cuadro 13 Existencias y cambios estimados de carbono en el suelo durante 20 años

Uso y gestión de la tierra	Referencia por defecto (de existencias de C orgánico para suelo (t/ha)	Factor del uso de la tierra	Factor de gestión	Factor de las entradas	Las existencias de carbono después de 20 años (t/ha)
Pastos naturales moderadamente degradado	40	1.0	0.90 ^b	1.0	36.0
Pastos naturales con pastoreo rotacional y racional	40	1.0	1.0	1.0	40
Pasto del King grass fertilizado	40	1.0	1.17 ^c	1.11 ^d	51.9
Pastos cultivados y fertilizados	40	1.0	1.17 ^c	1.11 ^d	51.9
Sistemas silvopastoriles	40	1.0	1.0	1.0	40.0

^a tropical, húmedo, suelos HAC (Referencia por defecto de existencias de C orgánico suelos minerales (de refinamientos de 2019 del IPCC)

^b Pastizal moderadamente degradado de pastoreo de alta intensidad (de refinamientos de 2019 del IPCC)

^c Pastos mejorados (de refinamientos de 2019 del IPCC)

^d entradas-alto (de refinamientos de 2019 del IPCC)

Cuadro 14. Existencias y cambios estimados de carbono del suelo para los escenarios

Escenario	Área (ha)	Gestion de la tierra		Las existencias de carbono		
		Previa (base)	Final (escenario)	Previas (t/ha)	Finales (t/ha)	Cambio (t/ha/a)
A	100	Pastos naturales moderadamente degradado	Pastos del King grass fertilizados	36	51.9	0.80
	1338	Pastos naturales moderadamente degradado	Pastos naturales no degradados	36	40	0.20
	1438	Tierra total		36	40.8	0.24
B	331	Pastos naturales moderadamente degradado	Pastos naturales no degradados	36	40	0.20
	100	Pastos naturales moderadamente degradado	Pastos del King grass fertilizados	36	51.9	0.80
	1007	Pastos naturales moderadamente degradado	pastos cultivados y fertilizados	36	51.9	0.80
	1438	Tierra total		37.2	49.2	0.66
C	288	Pastos naturales moderadamente degradado	Sistemas silvopastoriles	36	40	0
	1050	Pastos naturales moderadamente degradado	pastos cultivados y fertilizados	36	51.9	0.80
	100	Pastos naturales moderadamente degradado	Pastos del King grass fertilizados	36	51.9	0.80
	1438	Tierra total		36	49.5	0.68

El resumen de las emisiones y la intensidad de las emisiones para la línea de base y los cuatro escenarios se enumeran en el Cuadro 15.

El escenario C también produce metano para obtener energía utilizando un biodigestor. La producción anual total estimada de metano para energía es de 40 toneladas de metano por año con una energía equivalente a 60 kL de combustible diesel.

Cuadro 15. Emisiones e intensidades de emisión para la línea de base y los escenarios de producción

Fuente	2018 línea de base	Escenario			
		Base	A	B	C
Emisiones de metano a partir de la fermentación entérica (t CO ₂ e/a)	6781468	3823	2672	2938	3406
Emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol (t CO ₂ e/a)	41314	25	12	19	118
Emisiones de N ₂ O de los suelos gestionados y de los estiércoles (t CO ₂ e/a)	493076	328	246	666	830
Cambio en las existencias de carbono de los suelos (t CO ₂ e/a)	0	0	-1274	-3347	-3567
Cambio en las existencias de carbono de la biomasa de las silvopasturas (t CO ₂ e/a)	0	0	0	0	-3911
Total (sin cambio en las existencias de carbono) (t CO₂e/a)	7315858	4176	2930	3623	4354
Total (con cambio en las existencias de carbono) (t CO₂e/a)	7315858	4176	1656	276	-3124
Leche (incluye la producción de las nodrizas), (t/a)	824143	511	1277	1577	2095
Carne, producción del peso de la canal, (t/a)	81128	61	74	91	120
Emisiones por unidad de producción (kg CO₂e/kg)					
Sin cambio en existencias de carbono					
Producción de leche	8.9	8.2	2.3	2.3	2.1
Producción del peso de la canal	90.2	69.0	39.6	40.0	36.4
Con cambio en existencias de carbono					
Producción de leche	8.9	8.2	1.3	0.2	-1.5
Producción del peso de la canal	90.2	69.0	22.4	3.0	-26.1

Discusión

Emisiones de gases de efecto invernadero

Las emisiones de GEI para la línea de base son inesperadamente grandes. Las emisiones por fermentación entérica del ganado son casi un 70% mayores que el total nacional reportado para esta fuente en la Tercera Comunicación Nacional (Gobierno Cubano 2020). Este último total también incluye

emisiones de otros tipos de ganado, incluidos otros rumiantes, como cabras, más algunas emisiones de fermentación entérica de monogástricos, incluidos cerdos y caballos. Desafortunadamente, las comunicaciones nacionales no dan la población de ganado utilizada para el cálculo, por lo que no se sabe si esa es una causa de discrepancia. Si la calidad de la dieta de entrada para este estudio es mucho menor que la utilizada en la comunicación nacional, eso también explicaría parte de la discrepancia.

Las emisiones totales para el escenario base fueron más bajas que la línea de base cuando se expresaron en intensidad para la producción de leche y carne.

Las emisiones totales para el escenario A son menores que el escenario base debido a la reducción de las emisiones de fermentación entérica que resultan de la mejora en la calidad de la dieta a través de un mejor manejo de los pastos naturales y una mayor oferta de forrajes. Las emisiones también son más bajas porque se necesita menos alimento, lo que resulta en una menor excreción de N y menores emisiones de N₂O. Las emisiones de la fermentación entérica (CH₄) aumentan del escenario A al B debido al aumento del número de ganado y al mayor consumo de alimento para respaldar una mayor producción de leche y un aumento de peso más rápido. Por estas mismas razones, las emisiones del escenario C son mayores que las del escenario B.

Los biodigestores utilizados en el escenario C pierden algo de biogás; se supone que la instalación es relativamente simple sin un sellado tecnológicamente avanzado. La supuesta fuga de biogás del biodigestor aumenta las emisiones de metano de la gestión del estiércol en comparación con los otros escenarios. El uso del biogás producido en el escenario C determina cómo ese biogás afecta las emisiones netas de GEI. Si el metano proporciona energía adicional para que no desplace a otros combustibles, entonces no provocará ninguna reducción en las emisiones. Si el metano desplaza la energía producida por otras fuentes, provoca una reducción en los GEI netos equivalentes a las emisiones que habrían sido producidas por la energía desplazada. La mayor reducción ocurrirá si el metano desplaza por completo la energía derivada de los combustibles fósiles. En este análisis, no se incluyó la reducción de las emisiones netas de GEI derivadas del uso del biogás debido a la incertidumbre de las emisiones evitadas de las fuentes de energía desplazadas.

La disminución de las emisiones de N₂O del escenario base al escenario A es el resultado de un uso más eficiente de N para el escenario A. El aumento de las emisiones de N₂O del escenario A al B y del escenario B al C se debe a la creciente aplicación de N al suelo en fertilizantes orgánicos. La cantidad de tierra fertilizada con N va de 0 ha en el escenario base, a 100 ha en el escenario A, a 1107 ha en el escenario B y a 1150 ha en el escenario C. Con esta fertilización y un mayor consumo de alimento por parte del ganado, También hay un aumento en el N del estiércol depositado para el escenario B en comparación con el escenario A y para el escenario C en comparación con el escenario B. Debido a estas mayores entradas de N al suelo tanto de enmiendas orgánicas como de estiércol, las emisiones de N₂O aumentan desde el escenario base a escenario C.

Las emisiones netas de GEI para los escenarios A, B y C se ven significativamente afectadas por el cambio en las existencias de C debido a los cambios en el uso y manejo de la tierra. El efecto de las remociones de GEI es mayor para el escenario C, ya que tiene sumideros de C de los suelos en 1150 ha más de árboles para 288 ha de silvopastolas. De hecho, con los cambios en las existencias de carbono incluidos, el escenario C es carbono negativo con una emisión neta menor que cero debido a que las absorciones superan las emisiones. Bajo la metodología del IPCC, las remociones de GEI ocurren durante 20 años después de los cambios en el uso y manejo de la tierra. Sin embargo, si se cosechan los árboles en el

silvopastoreo, el crecimiento de nuevos árboles en esa tierra puede continuar actuando como un sumidero de C. Los árboles cosechados se pueden utilizar para evitar otras emisiones, por ejemplo, utilizando los árboles como fuente de energía para evitar las emisiones de GEI asociadas con el uso de combustibles fósiles como fuente de energía..

Productividad

En comparación con el escenario base, los escenarios de sistemas de producción mejorados (A, B y C) afectan la productividad total más que las emisiones de gases de efecto invernadero. El escenario A reduce las emisiones totales en un 27% pero aumenta la producción de leche en un 250% y la producción de carne en un 21%. El escenario B tiene emisiones totales un 10% menos que el escenario base, pero tiene tres veces la producción de leche y un 52% más de producción de carne. El escenario C tiene un 8% más de emisiones que el escenario base, pero aproximadamente 4 veces más leche y 2 veces más producción de carne que el escenario base.

Las ganancias de productividad provienen de una combinación de animales más maduros producidos por vaca, mayor producción de leche por vaca y tasas más rápidas de aumento de peso. Esta combinación es el resultado del sistema de prácticas en los escenarios en lugar de una sola práctica. El aumento de animales maduros por vaca se debe a la disminución de la mortalidad, la reducción de la edad del primer parto y el aumento de la fecundidad. Las tasas de aumento de peso más rápidas se deben a una mejor dieta en términos de calidad y cantidad. Sin embargo, para darse cuenta del aumento de animales maduros por vaca y ganancias de peso más rápidas también se requiere una mejor salud del rebaño y acceso a suficiente calidad y cantidad de agua potable. La calidad mejorada de la dieta proviene del uso de forrajes para complementar el pastoreo y un mejor manejo de los pastos que mejora la calidad de la vegetación pastoreada. Las grandes mejoras en la salud del hato vienen con una mejor prevención y tratamiento de plagas, infecciones y enfermedades del ganado cuando se combinan con una buena dieta y un buen suministro de agua potable. El enfriamiento de la sombra de los árboles en los sistemas silvopastoriles en el escenario C también contribuye a una mayor productividad por animal.

Intensidad de producción de gases de efecto invernadero

La intensidad media global de GEI de la producción de leche basada en pastizales es de 3,7 kg CO₂e / kg (Opio et al. 2013). Para América Latina y el Caribe (ALC), la intensidad promedio de GEI de la leche es de aproximadamente 3.8 kg CO₂e / kg. La línea de base y el escenario base tienen una intensidad de GEI superior al doble de estos promedios. La línea de base y el escenario base tienen una intensidad de emisión de GEI más similar a la del África subsahariana (9,0 kg CO₂e / kg). Los desafíos que enfrenta Cuba hacen que las necesidades dietéticas del ganado no se satisfagan adecuadamente durante todo el año. La alimentación inadecuada del ganado cubano, que agrava los demás desafíos para lograr una buena salud del ganado vacuno, explica las altas intensidades de GEI.

Todos los escenarios con prácticas mejoradas (A, B y C) tienen intensidades de emisión de 72 a 74% más bajas para la leche que el escenario base y 40 a 45% menos que el promedio para ALC. Las intensidades de GEI para escenarios de gestión mejorada son similares a las de Asia oriental y sudoriental (2,3 kg

CO₂e / kg) pero son más altas que las de América del Norte (1,7 kg CO₂e / kg) o Europa (1,5 kg CO₂e / kg) (Opio et al. al.2013). Las bajas intensidades de GEI para América del Norte y Europa no son prácticas para Cuba porque requieren un nivel muy alto de insumos para producir piensos de muy alta calidad, además de costosos equipos de manejo de leche y viviendas. Además, requieren razas de ganado eficientes y poco adaptadas al clima cubano.

La intensidad media global de GEI de la producción de carne de ganado basada en pastizales (expresada en peso en canal) en climas húmedos a nivel mundial es de aproximadamente 50 kg CO₂e / kg (Opio et al. 2013). Para ALC, la intensidad promedio es de 48 kg CO₂e / kg cuando se excluyen los efectos del cambio de uso de la tierra de la expansión del área de pastos (Opio et al. 2013). El escenario base tiene casi el doble de intensidad de GEI para la producción de carne que muchos otros países de ALC. Incluir los efectos del cambio de uso de la tierra por la expansión del área de pastos en ALC aumenta la intensidad de emisión promedio en esas regiones a alrededor de 72 kg CO₂e / kg. Este cambio de uso de la tierra para expandir el área de pastos no es significativo en Cuba. Por lo tanto, la intensidad de GEI para la carne vacuna cubana es aproximadamente la misma que para ALC cuando se incluye el LUC promedio en esa región fuera de Cuba. El escenario base tiene una intensidad de GEI ligeramente menor que la intensidad promedio de GEI que el África subsahariana (71 kg CO₂e / kg) o el sur de Asia (75 kg CO₂e / kg). La mayor intensidad de la carne para la línea de base que el escenario base puede deberse a la pérdida de animales maduros antes de que puedan ser recolectados para la carne. Al igual que en el caso de la leche, la alimentación inadecuada del ganado cubano explicaría las altas intensidades de GEI para la producción de carne.

Todos los escenarios con prácticas mejoradas (A, B y C) tienen intensidades de emisión de carne de 40 a 45% más bajas que el escenario base. Las intensidades de GEI para escenarios de gestión mejorada son todas más altas que en América del Norte (29 kg CO₂e / kg) o Europa (14-18 kg CO₂e / kg) (Opio et al. 2013). Al igual que en el caso de la leche, las bajas intensidades para América del Norte y Europa no son prácticas para Cuba porque requieren una cantidad considerable de granos en la dieta más razas productivas de ganado que no se adaptan bien al clima cubano.

Incluyendo la remoción de GEI del aumento de las existencias de C en el suelo y los árboles, las intensidades de emisión se reducen drásticamente tanto para la leche como para la carne. Estas intensidades más bajas mejoradas con secuestro de carbono del suelo no continuarían indefinidamente, sino sólo hasta que se obtenga un nuevo equilibrio de carbono del suelo. El nuevo equilibrio se produciría en 20 años según los métodos del IPCC, después de lo cual ya no reduciría la intensidad de GEI.

Otros resultados no relacionados con los gases de efecto invernadero

Obviamente, el bienestar de los animales mejora con una mejor salud del rebaño para los escenarios de sistemas mejorados de manejo del ganado.

Todas las mejoras en la gestión de la tierra, el pastoreo rotativo de los pastizales, los forrajes sembrados, los pastos sembrados y la silvopastura aumentarían el carbono orgánico del suelo y, por lo tanto, ayudarían a revertir la degradación del suelo en el pasado. En general, la vegetación mejorada y la salud

del suelo deberían beneficiar a la biodiversidad (Russell y Bisinger, 2015). En consecuencia, las mejoras tendrán buenos resultados ambientales más allá de los GEI.

Las grandes mejoras en la productividad de la misma cantidad de vacas y área de tierra con prácticas mejoradas aumentarán sustancialmente los retornos de leche y carne por vaca o por hectárea de tierra. Se requerirá más empleo para los sistemas de manejo mejorados que los sistemas convencionales para el mayor manejo y cuidado del ganado y para construir y mantener la mayor infraestructura física involucrada en la producción ganadera. Está más allá del alcance de este estudio evaluar cómo el empleo y los medios de vida se verán afectados específicamente.

Las implicaciones nacionales de los gases de efecto invernadero para la implementación potencial de las combinaciones de prácticas de los escenarios

Estimar la viabilidad de la implementación de las combinaciones de prácticas en los tres escenarios de gestión mejorada está fuera del alcance de este estudio. No obstante, podemos comentar algunas implicaciones de GEI derivadas de la adopción.

Los escenarios B y C requieren que la mayor parte del área utilizada para la producción de ganado tenga cantidades sustanciales de fertilizantes orgánicos para suministrar el aumento de N (90 kg N / ha / año). Los fertilizantes orgánicos son generalmente costosos de transportar, por lo que dependen de fuentes cercanas. Los costosos fertilizantes minerales N importados son menos costosos de transportar a largas distancias, pero su costo afecta la economía de su uso. Además, estos escenarios también son más adecuados cuando los suelos responderán y, por lo tanto, serán productivos a la vegetación sustancial y las intervenciones de manejo. Por lo tanto, la aplicación del conjunto de prácticas de producción para los escenarios B y C probablemente se limitará a una pequeña porción del área de producción ganadera donde las condiciones son adecuadas. Las intervenciones para el escenario A requieren menos cambios fundamentales en la vegetación de la tierra y requieren insumos de fertilidad del suelo, por lo que probablemente serán adecuados para una mayor parte del área de producción ganadera.

En comparación con el escenario base, calculamos el cambio en la leche, la carne y las emisiones netas de GEI para las diferentes opciones de adopción del conjunto de prácticas en los escenarios de prácticas mejoradas (Cuadro 16). Las opciones de adopción incluidas se basaron en el 15% al 35% del total de cabezas de vacas en Cuba (el número de otros tipos de ganado estaría en la proporción de las vacas como se describe en los escenarios). Sin incluir los cambios en las existencias de carbono, la reducción en el total de GEI fue modesta (8% o menos) para las opciones de adopción investigadas. Cuando se incluyen los cambios en las existencias de carbono, las reducciones en las emisiones de GEI son mayores (11-42%) para las opciones de adopción investigadas. La reducción de las emisiones de GEI con cambios en las existencias de carbono incluidos fue mayor para las opciones con una mayor adopción de prácticas en el escenario C que contiene sistemas silvopastoriles. Los aumentos en la producción de leche fueron significativos (27-85%) para todas las opciones investigadas de adopción de prácticas mejoradas (Figura 1). Los aumentos en la producción de carne también fueron relativamente mayores (5-26%) que la reducción total de GEI sin incluir cambios en las existencias de carbono para todas las opciones.

Cuadro 16. Efecto de la cantidad de adopción de prácticas para los escenarios A, B y C en la producción de leche y carne y en las emisiones netas de gases de efecto invernadero

Adopción de las prácticas de los escenarios				Emisiones netas de gases de efecto invernadero			
Base	A	B	C	Producción de leche	Producción de carne	sin cambio en las existencias de carbono	con cambio en las existencias de carbono
(% del total de cabezas de vacas en Cuba)				(% del total con solo las prácticas del escenario base)			
100	0	0	0	100	100	100	100
85	5	5	5	133	109	98	84
85	11	2	2	127	106	97	88
85	7	1	7	134	110	98	83
85	7	7	1	128	107	97	87
70	10	10	10	167	118	96	67
70	20	5	5	155	112	94	75
70	15	15	0	153	112	94	77
70	15	0	15	169	119	96	65
70	5	0	25	185	126	100	53
70	26	2	2	149	109	92	79
65	20	10	5	166	115	93	70
65	10	10	15	183	122	96	58

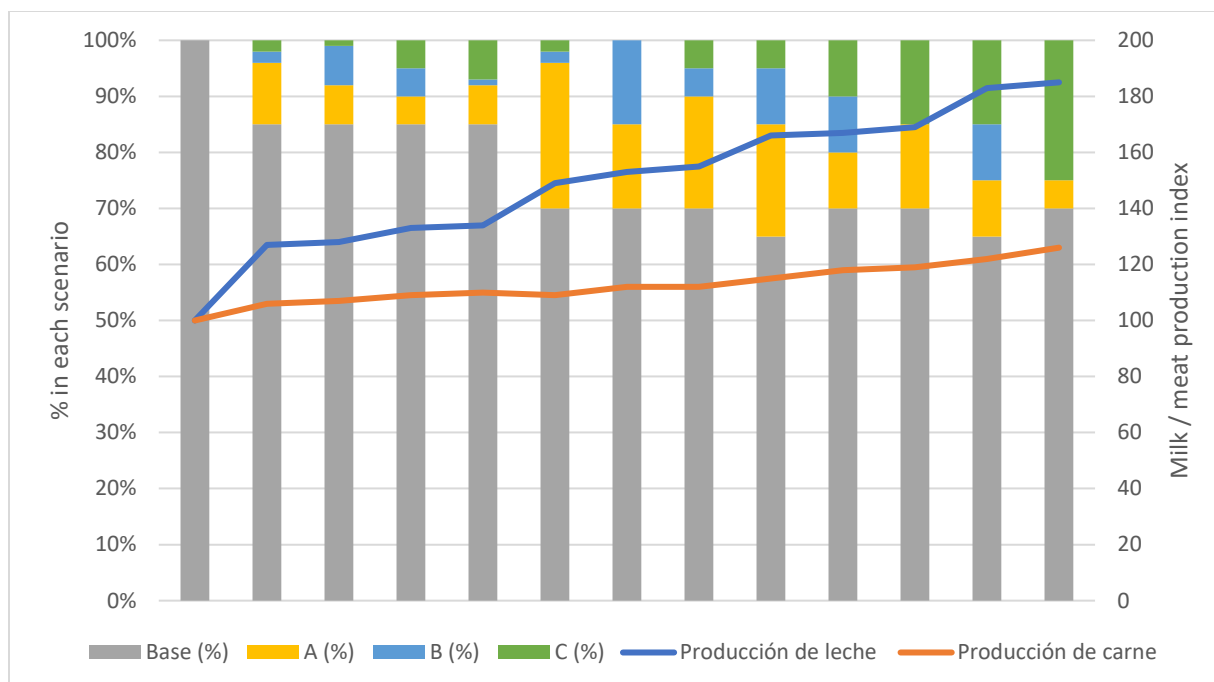


Figura 1. El aumento en la producción relativa de leche y carne con diferentes combinaciones de los sistemas de producción descritos en los escenarios A, B y C.

Si la demanda de leche o carne no está disponible para aprovechar los aumentos de producción de leche y carne, entonces puede ser sensato aumentar solo la producción de leche y carne hasta el límite de la demanda económica. La producción potencial mayor puede reducirse disminuyendo la población total de ganado y el área dedicada a la producción ganadera. Estas disminuciones en el hato y el área requerida para la producción de ganado causarán reducciones absolutas de emisiones más allá de lo que se muestra en cada opción de adopción. Por ejemplo, para la opción de adopción del 5% de las prácticas del escenario A, la adopción del 5% de las prácticas del escenario B y la adopción del 5% de las prácticas del escenario C producirían la misma cantidad de leche que las prácticas del escenario base con un 75% (es decir, 1 / 133%) de las vacas requeridas para las prácticas del escenario base. Las emisiones totales de GEI para esa cantidad de producción de leche serían entonces el 74% de las de las prácticas del escenario base sin incluir cambios en las existencias de carbono y el 67% con cambios en las existencias de carbono incluidos.

Cuba planea aumentar el área de bosque para cubrir el 33% del país bajo su Primera contribución nacionalmente determinada (actualizada) (Gobierno Cubano 2020). La tierra que podría ser potencialmente liberada de la producción ganadera al mismo tiempo que satisface aumentos modestos en la demanda de leche y carne con prácticas mejoradas podría convertirse en parte de la tierra plantada con bosques para cumplir con este plan.

Conclusiones

Debido a numerosos desafíos, la producción de leche y carne de ganado en Cuba es altamente intensiva en gases de efecto invernadero: produce muchas emisiones de GEI por unidad de producción. Las intensidades de GEI son mayores que los promedios para la producción de leche y carne en la mayoría de las otras partes del mundo, lo que incluye aproximadamente el doble del promedio de América Latina y el Caribe. Por lo tanto, existen grandes oportunidades para reducir las emisiones de GEI de la producción ganadera en Cuba al tiempo que se mejora el bienestar animal y otros beneficios ambientales no relacionados con los GEI. Las prácticas mejoradas que aumentan el uso de forrajes almacenados y mejoran el manejo de los pastos mejorarían la cantidad y la calidad de la dieta; la mejora de la dieta, cuando se combina con otras prácticas para mejorar la salud del hato, mejoraría en gran medida el rendimiento de los animales y reduciría la mortalidad animal no deseada. La implementación de estas mejoras prácticas podría reducir la intensidad de GEI de la producción de leche en aproximadamente un 73% para la leche y un 43% para la carne sin incluir el efecto de los cambios en las existencias de carbono. La inclusión de cambios en las existencias de carbono reduce significativamente la intensidad de las prácticas mejoradas. De hecho, para las prácticas que incluyen sistemas silvopastoriles en el 20% del área de tierra utilizada para la producción de ganado, se logra una producción de leche y carne con carbono negativo con remociones de emisiones de cambios en las existencias de carbono que exceden las emisiones totales de GEI. Sin incluir los efectos de los cambios en las existencias de carbono, que serían las reducciones de emisiones relevantes durante más de dos décadas, una opción diferente de adopción parcial de las prácticas mejoradas tendría beneficios más positivos para la producción de leche y carne que para la reducción de las emisiones de GEI. Por lo tanto, la cantidad de reducción potencial en las emisiones nacionales de GEI dependerá tanto de la cantidad de adopción de prácticas mejoradas para la producción de ganado como de las metas para la cantidad total de producción de leche y carne. Es posible aumentar la producción de leche en un 50% con la adopción parcial de prácticas mejoradas, con reducciones de las emisiones totales de GEI del 50%.

Referencias

- FAO. 2019. Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM). [Online]. Available: <http://www.fao.org/gleam/en/>.
- García Trujillo, R. 1991. Milk production systems based on pastures in the tropics. FAO, Rome.
- Gobierno Cubano. 2020. Primera contribución nacionalmente determinada (actualizada) República de Cuba. Gobierno cubano, Havana.
- IPCC. 2007. Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: Synthesis Report IPCC.
- Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. 2020. Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, República de Cuba, Havana.
- Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., MacLeod, M., Vellinga, T., Henderson, B., and Steinfeld, H. 2013. Environmental performance of large ruminant supply chains - A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.
- Russell, J.R., Bisinger, J.J., 2015. FORAGES AND PASTURES SYMPOSIUM: Improving soil health and productivity on grasslands using managed grazing of livestock. Journal of animal science 93, 2626-2640.