



Reducir las emisiones de metano en agricultura: actores y compromisos en las NDC

Valentina Joya Barrero

Geocientífica e ingeniera ambiental de la Universidad de los Andes.
Science Program Specialist, The Nature Conservancy.



Cosechadora en el campo. Fotografía por: Freepik.

El metano es un gas de efecto invernadero que incide en gran medida en el calentamiento global. Aunque tiene una vida corta en la atmósfera, reducir sus emisiones puede ser crucial para mitigar el cambio climático a corto plazo. Existen diversas tecnologías para reducir las emisiones de metano (MTAT) en el sector agrícola, pero el reto se encuentra en implementarlas y aumentar su escala de impacto. En este artículo se expone un mapeo de actores involucrados en la reducción de emisiones de metano agrícola, a la vez que se evidencia que solo 28 de los 158 países firmantes de la Iniciativa Global de Metano (GMI) han incluido metas de reducción de metano o promueven la adopción de MTAT para agricultura en sus contribuciones nacionales determinadas (NDC). Aunque existe un interés creciente en la reducción de emisiones de metano agrícola, aún hay desafíos en términos de implementación y acción en territorios; se necesita mayor colaboración entre actores y un compromiso político más fuerte para lograr los objetivos de la GMI y mitigar efectivamente el cambio climático. Esto representa una oportunidad para que más países incluyan estrategias de reducción de metano en sus planes nacionales, lo que podría catalizar acciones y crear condiciones favorables para la implementación de tecnologías de mitigación en las que se puede abrir paso a más actores locales.

Introducción

Trabajar en reducir las emisiones humanas de dióxido de carbono (CO_2) aborda el cambio climático a largo plazo, mientras que trabajar en reducir la emisiones de metano (CH_4) aborda el cambio climático en el corto plazo. El CH_4 es el gas de efecto invernadero con mayor potencial de calentamiento y, aunque tiene una corta vida en la atmósfera, puede ser fundamental para evitar el aumento en la temperatura global actual y mitigar los impactos ya existentes del cambio climático [1]. Diversas instituciones han trabajado en reducir las emisiones de CH_4 durante los últimos veinte años.



Trabajo en el campo. Fotografía por: Freepik.

La meta que la Iniciativa Global de Metano (GMI, por su sigla en inglés) fijó en el 2021, en la que se comprometía a reducir las emisiones del gas al menos en un 30 % respecto a los niveles del 2020 para el 2030, ha incrementado exponencialmente el interés y apoyo al tema en los últimos tres años [2]. Además, el financiamiento anual promedio para la reducción de metano ha avanzado en la dirección correcta desde el lanzamiento de la GMI durante la Conferencia de las Partes en Glasgow (COP26), con un aumento del 18 % entre el 2021-2022 en comparación con el periodo 2019-2020, lo que influye en la cantidad y el tipo de actores involucrados en los esfuerzos y el cumplimiento de dichos compromisos [3].

Las emisiones de CH_4 de origen antropogénico se originan en tres sectores principales, la agricultura, la forestería y el uso de la tierra (40 %); los combustibles fósiles (35 %); y los residuos (20 %) [4]. Dado que alrededor del 60 % de las emisiones de metano causadas por el hombre provienen de los sistemas alimentarios como la ganadería, la

producción de arroz, el desperdicio de alimentos y la quema de biomasa [5], resulta importante reforzar los esfuerzos en desarrollar métodos y tecnologías dirigidas a los sistemas productivos que puedan reducir las emisiones antropogénicas en la fuente. La ganadería y la producción de arroz son dos sistemas agrícolas en los que se puede ahondar en los esfuerzos de mitigación de CH_4 , con beneficios adicionales como salvaguardar la biodiversidad, disminuir la demanda de agua y evitar riesgos a la salud de poblaciones rurales [6, 7, 8].



Planta de trigo. Fotografía por: Freepik.

Diversas soluciones tecnológicas para la reducción de CH₄ en el sector agrícola ya existen, como se evidencia en todo tipo de reportes y publicaciones recientes en los que se resumen y describen [6, 9, 10, 11]; el reto está ahora en llevarlas a la práctica y en aumentar su escala de impacto. Al 2024, las tecnologías enfocadas para la reducción de metano (*Methane-Targeted Abatement Technologies* [MTAT] en inglés) en el sector de la agricultura eran cerca de dos mil, pero solo el 8,47% de estas se consideran de alta calidad, a pesar de ser el sector con más emisiones del gas [12]. El estancamiento que se ha presentado en el desarrollo de MTAT de alta calidad desde el 2010 y la falta de disseminación y colaboración tecnológica entre países incrementa la necesidad de motivar a diversos actores a contribuir con mayor ímpetu y a crear condiciones habilitantes para lograr reducciones tangibles de CH₄ [12]. En un sector tan heterogéneo como el agrícola, las soluciones para la reducción de emisiones de CH₄ deben liderarse por medio de sistemas de cooperación entre sectores y estar apalancadas por condiciones favorables en política pública y manejo de mercados [13, 14]

El conocimiento sobre las organizaciones que promueven las MTAT agrícolas, cómo se aplican de manera tangible en proyectos en territorio y si existen sistemas de cooperación y coordinación suficientes, es escaso al día de hoy. Ahondar en este tema permite conocer el estado actual de interés e identificar la distribución de los actores para abordar los vacíos o aprovechar las oportunidades en nuevas intervenciones o inversiones, ya sea en capital o en capacidad



Vista del campo junto a fábrica Foto: Freepik

científica. En este artículo se presenta un ejercicio de mapeo de actores en el campo del reducción del metano agrícola a nivel global con el fin de responder a la meta de 1,5°C. Este ejercicio da un estado actual de organizaciones y enclaves que trabajan en la reducción de emisiones de CH₄ a través de diversas tecnologías en diferentes etapas de comprobación y aplicación. Se presenta también el estado actual de países comprometidos con estrategias o metas dirigidas a la reducción de metano como punto adicional en la ejecución y escalamiento de esfuerzos. Los resultados hacen parte de un análisis situacional que pretende informar el proceso de selección de estrategias adecuadas para trabajar en la mitigación de CH₄ a nivel global desde una organización no gubernamental (ONG).

Metodología para el mapeo de actores

Marco conceptual

Dos documentos guiaron el marco conceptual del mapeo de actores. Del documento de lineamientos sugeridos por la Cooperación Técnica Alemana (GIZ, por su sigla en alemán) para el análisis de actores en el espacio de la acción climática [15], se tomaron las categorías o tipologías de actores principales, tipologías que se asemejan o se comparten con diversos lineamientos para realizar un mapeo de actores. En cuanto a las tecnologías y aplicaciones de reducción de metano agrícola se tomó como guía el documento resumen de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por su sigla en inglés) sobre emisiones de metano en sistemas productivos alimentarios. Esta publicación es un compendio que identifica y describe las tecnologías existentes en el campo de la reducción de emisiones de metano en agricultura, al mismo tiempo que identifica las brechas para implementación y sugiere nuevos campos de acción [6]. La tabla 1 resume algunas de las principales MTAT para los sistemas de producción agrícola y los sistemas de manejo de residuos asociados con mayores emisiones de CH₄.

Dado el interés en los impactos ambientales adversos que pueden tener las emisiones de metano y la búsqueda de oportunidades de «ganar-ganar», se resaltó en verde (tabla 1) aquellas tecnologías que, además de ser beneficiosas en reducción de emisiones, pudieran tener efectos positivos en el uso adecuado del agua; en la protección de la biodiversidad ecológica y genética; y el correcto ciclaje de nutrientes, entre otros. Las tecnologías que no se resaltaron cuentan con potenciales efectos colaterales positivos, pero más cuestionamientos en términos de beneficios netos. Si se están tratando de mitigar las emisiones de CH₄, por ejemplo, con alimentación de precisión o formulada en ganadería, se deben analizar las fuentes de origen de los insumos, los posibles efectos negativos de su producción y aplicación en sistemas confinados y su disposición final. Se puede considerar, para la misma producción ganadera, la configuración de un sistema silvopastoril, el cual ha demostrado aumentos en carbono en suelo, biodiversidad y productividad con reducciones de emisiones y aumento en *stocks* de carbono en biomasa [16].

Tabla 1. Listado de las tecnologías para la reducción de emisiones de CH₄ como parámetros para la evaluación de presencia de actores trabajando en cada sistema productivo. La lista se compiló a partir de documentos guía publicados por la FAO, IRRI, Problue y el Banco Mundial, referenciados en este artículo. En verde se resaltan las tecnologías con beneficios directos a la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas naturales, tecnologías «positivas para la naturaleza».

Plantación junto a una fábrica. Fotografía por: Freepik



Sistema productivo	Tecnología para la reducción del metano	Siglas
Arroz	Gestión del agua (inundación y secado alternados)	AWD
	Enmiendas orgánicas	EO
	Fertilizante y otras enmiendas	F&E
	Métodos de siembra y paquetes de gestión de cultivos	MS
	Selección/cría de variedades de arroz	SC
	Reducir la quema de biomasa	RQB
Ganadería	Cría y gestión de animales (aumento de la producción animal, selección para animales de baja producción de metano, mejora de la eficiencia de los terneros, mejora de la salud animal)	CGA
	Gestión de la alimentación, formulación de la dieta y alimentación de precisión (aumento de la alimentación nivelada, disminución de la relación forraje/concentrado, fuentes y procesamiento de concentrados de almidón, suplementación de lípidos)	GAFD
	Forrajes (almacenamiento y procesamiento de forrajes, legumbres perennes, forrajes con alto contenido de almidón, hierbas de alto contenido de azúcar)	FO
	Manipulación del rumen (ionóforos, inhibidores químicos de la producción de metano, otras algas marinas, biocarbón)	MR
Gestión de estiércol	Recolección y utilización de biogás	RUB
	Disminución de la temperatura de almacenamiento y el intervalo de almacenamiento del estiércol	TIA
	Acidificación del estiércol a través de medidas dietéticas	AED
	Acidificación del estiércol mediante enmienda directa	AEE
	Inhibidores del metano	IM
	Compostaje/aeración de estiércol	CE
Acuicultura	Insumos de proveniencia sostenible	IS
	Aumento en la tasa de reciclaje de agua en las granjas de instalación	ARA
	Producción de algas para reducir la metanogénesis	PA
	Cambio a fuentes de energía sostenibles en las granjas de algas con instalaciones en tierra	ES
	Secuestro oceánico profundo	SOP

Búsqueda de actores y primer filtro



La búsqueda, categorización y descripción de los actores se dividió en tres secciones (figura 1). La primera sección se enfocó en una búsqueda general en bases de datos como Google Scholar y Web of Science, en la que se utilizó la misma cadena de búsqueda en inglés («v» OR «methane in agriculture») AND («methane emissions reduction») AND («stakeholder mapping» OR «actor mapping») y se encontraron un total de seis artículos científicos relacionados al tema, pero, dada su naturaleza, la mayoría se centraban en hallazgos científicos sobre reducción de metano más que en el mapeo o identificación de actores en el sector. En dichos artículos se presentaban las tecnologías buscadas (tabla 1), más no los actores claves en implementación de estas. En la segunda sección de búsqueda se utilizó Open Al para consultar las organizaciones que trabajan en el campo del metano agrícola al usar la misma cadena de búsqueda y generar un listado de sesenta potenciales organizaciones globales relacionadas a la implementación o al estudio de la reducción de metano agrícola.

En la tercera sección se consultó la base de datos «Project Network» de la GMI que contiene información sobre proyectos y entidades relacionadas o afiliadas a la reducción de emisiones de metano en diversos campos. Esta búsqueda dio con una lista total de 1368 actores u organizaciones. El listado se filtró al usar como criterio que la organización trabajara principalmente en agricultura, biogás, aguas residuales o rellenos sanitarios (IF = «agriculture and biogas» OR «agriculture» OR «agriculture and wastewater» OR «agriculture and landfill» OR «agricultura and other») y que a su vez trabajara a nivel de consorcio en un ámbito geográfico global o en países de alto interés por su nivel de emisiones («partnership-wide» OR «Africa, North America, South America, Brazil, Germany, and United States»). Esto redujo la lista a diecinueve miembros de la red de proyectos global de la GMI.

Verificación y recolección de información

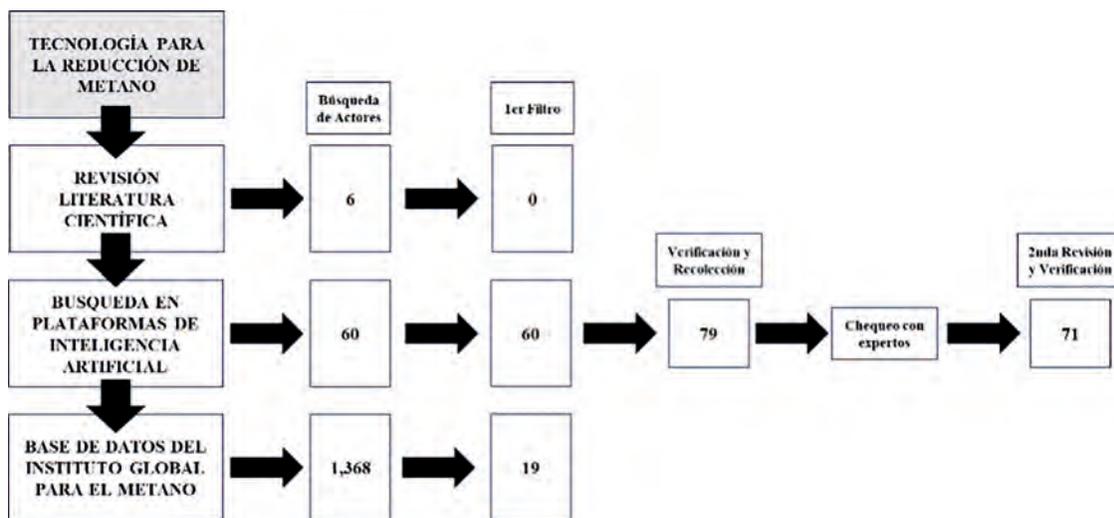
Al tomar una lista total de setenta y nueve potenciales actores se inició el proceso de verificación y recolección de información detallada. Para esto, se realizó un esquema de criterios en el que se buscaría recolectar la información general del actor (nombre, tipo de actor, escala de acción, página web y descripción general de la institución), su información en cuanto a acciones directas relacionadas a la reducción de emisiones de metano en agricultura (sector productivo, influencia en eslabones de la cadena de valor, archivos o documentos relevantes de acción en metano, descripción de las acciones puntuales en metano) e información adicional (es una organización «nodo», es decir, que trabaja a nivel global con más de cinco organizaciones globales, otros comentarios). Las páginas web y los archivos enlazados relacionados a metano de cada uno de los actores se consultaron para completar la tabla de criterios a lo largo del último trimestre del 2023 y se documentaron en un archivo tipo base de datos. En esta recolección de información se aseguró de que las actividades de los actores se cruzaran con las tecnologías de reducción (ver tabla 1).

Entrevistas a expertos y segunda verificación

A partir del primer proceso de identificación de actores se realizó una revisión con cuatro expertos *senior* en el ámbito ambiental y científico involucrados en proyectos y esfuerzos de reducción de emisiones de metano (un experto en reducción de emisiones de metano en ganadería y producción láctea, un experto en paisajes bioalimentarios y cambio climático, un experto en modelos de ciclos de nutrientes y estimaciones de *stocks* de carbono y un experto en sistemas de acuicultura y ecosistemas marinos). Esto corroboró el marco conceptual y adicionó posibles actores que desde su experiencia serían clave, pero que no habían sido identificados hasta ese momento. Estas entrevistas se realizaron de manera virtual y se recopilaron las sugerencias y las modificaciones a las categorías en el marco conceptual. Luego de realizar los debidos ajustes se inició una segunda ronda de revisión con los mismos criterios identificados previamente. Este proceso de revisión detallada y análisis de los criterios redujo la lista de actores a un total de setenta y uno.

Planta de biogás, Fotografía por: Freepik.





Esquema 1. Flujo del proceso de recopilación de información y revisión de bases de datos sobre actores involucrados en el campo de reducción de las emisiones de metano en el sector agrícola o relacionados. Las búsquedas se realizaron en inglés.

Recolección de información sobre países y compromisos

Los países tienen un papel crucial desde sus responsabilidades y capacidades, por lo cual se incluyeron en la lista de actores de manera separada a las demás tipologías dado su rol como unidades independientes y políticas en la reducción de emisiones de metano. Se tomó la lista de países firmantes de la GMI con un total de ciento cincuenta y ocho países.

En este caso se quería analizar qué países firmantes de la Iniciativa habían incluido las tecnologías de reducciones de metano en sus Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC) en el primer o segundo ciclo, y resaltar aquellos que hubieran incluido metas cuantificables para este propósito. El rol político de los países y sus planes pueden ser catalizadores en procesos de reducción de metano o pueden presentarse como barreras a su escalamiento. Esta recolección y verificación se realizó a través de las plataformas Global Methane Pledge y ClimateWatch.



Tractor con sembradora. Fotografía por: Freepik

Resultados

Los principales actores involucrados en la reducción de emisiones de metano están distribuidos en diferentes niveles de alcance geográfico, con una menor representación de aquellos que trabajan a nivel regional (tabla 2). La mayoría de los actores que trabajan en la reducción de metano en los sectores agrícolas de ganadería, arroz y acuicultura son de nivel global y corresponden al 66 % del total. Varios de los actores encontrados se conocen de manera amplia en los espacios de agricultura, cambio climático y cadenas de alimentos (FAO, CGIAR, WRI, Global Methane Hub). Los principales tipos de actores encontrados son compañías, ONG y organizaciones de cooperación o colaboración internacional. Los centros de investigación como universidades y centros de desarrollo y ciencia son actores relevantes tanto en la escala global como en la nacional.

El sector específico de la ganadería, de carne y de leche, es el que cuenta con el mayor número de actores involucrados con un total de diecisiete (23,9%), mientras que el sector específico del arroz está en tercer lugar con nueve (12,6 %) del total y el de la acuicultura en cuarto lugar con siete (9,8%). Sin embargo, el 53 % de los actores trabaja en más de un sector productivo agrícola, es decir, se enfoca en varios sistemas en simultáneo o tiene un alcance más amplio. En los campos relacionados a rellenos sanitarios y residuos de alimentos se observan los menores números, incluso, si están combinados con otros sectores productivos (gráfica 2).



Rebaño de vacas. Fotografía por: Freepik.

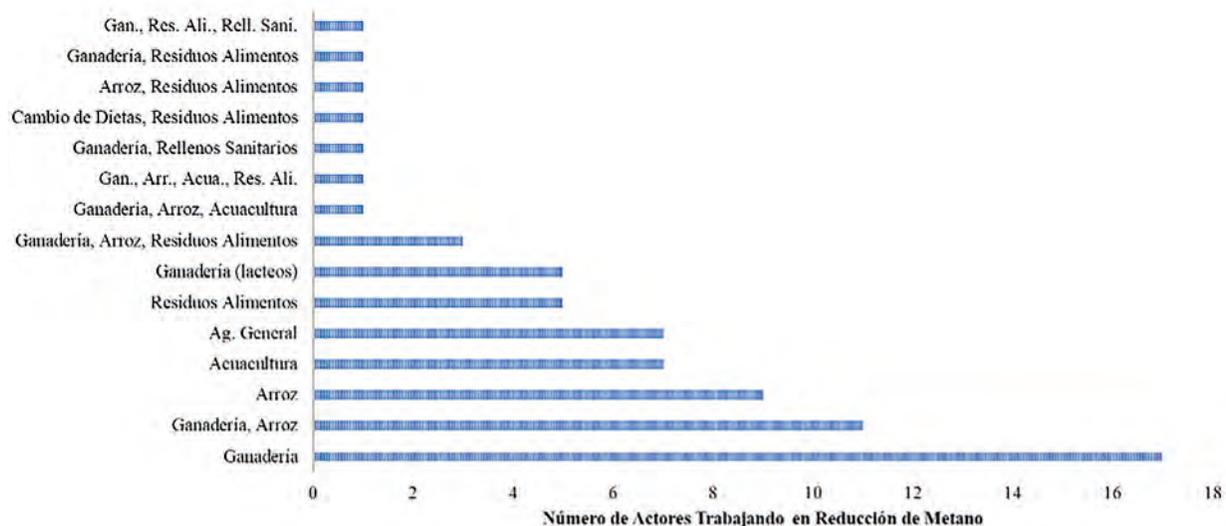
Tipo de actor	Global	Nacional	Regional	Total
Compañía	10	4		114
Centro de investigación	6	6		12
ONG	10	2		12
Organización internacional	12			12
Plataforma	3	1		7
Institución financiera	3	2	3	5
Institución gubernamental		4		4
Donante	2	1		3
Organización de agricultores	1			1
ONG donante		1		1
Total	47	21	3	71

Tabla 2. Resultados por tipo de actor en el campo de la reducción de emisiones de metano, de acuerdo a la escala geográfica de acción.

Dentro de los actores que trabajan en la reducción de emisiones de metano identificamos programas multiactor y «nodos» en los que varios tipos de organizaciones colaboran bajo un mismo marco de acción o propuesta de tecnologías (figura 3). Se observan mayores densidades, de nuevo, en las tecnologías relacionadas con la ganadería en cuanto al manejo de alimentación y productividad. Algunas compañías lácteas están involucradas en reducir las emisiones de metano originadas en los procesos de digestión en las vacas, pero la información de ubicaciones, planes y otros detalles es confidencial al tratarse de empresas privadas. Sin embargo, es posible afirmar que el campo de la reducción de metano en la ganadería tiene una buena representatividad en el ámbito de agencia [6], más no tiene un gran número de donantes respaldándolo ni tampoco implementadores que abarquen las escalas que se necesitan para lograr lo establecido en la GMI (gráfica 3).



Vacas pastando. Fotografía por: Freepik.

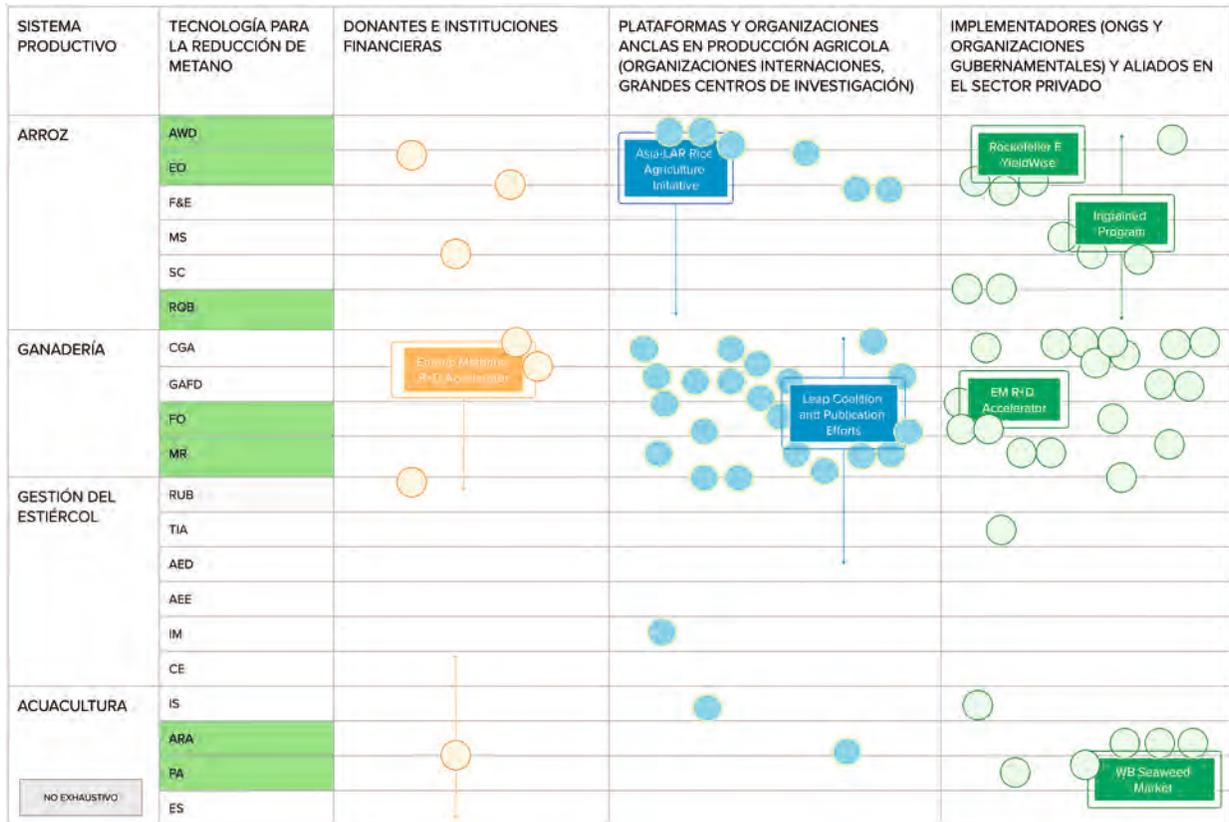


Gráfica 2. Número de actores que trabajan en la reducción de metano, distribuidos en los diferentes sistemas de producción agrícola o en los sistemas asociados de manejo de residuos: ganadería (Gan), residuos (Res), alimentos/dietas (Ali), rellenos sanitarios (Rell.Sani), Arroz (Arr), Acuicultura (Acua), Agricultura (Ag).

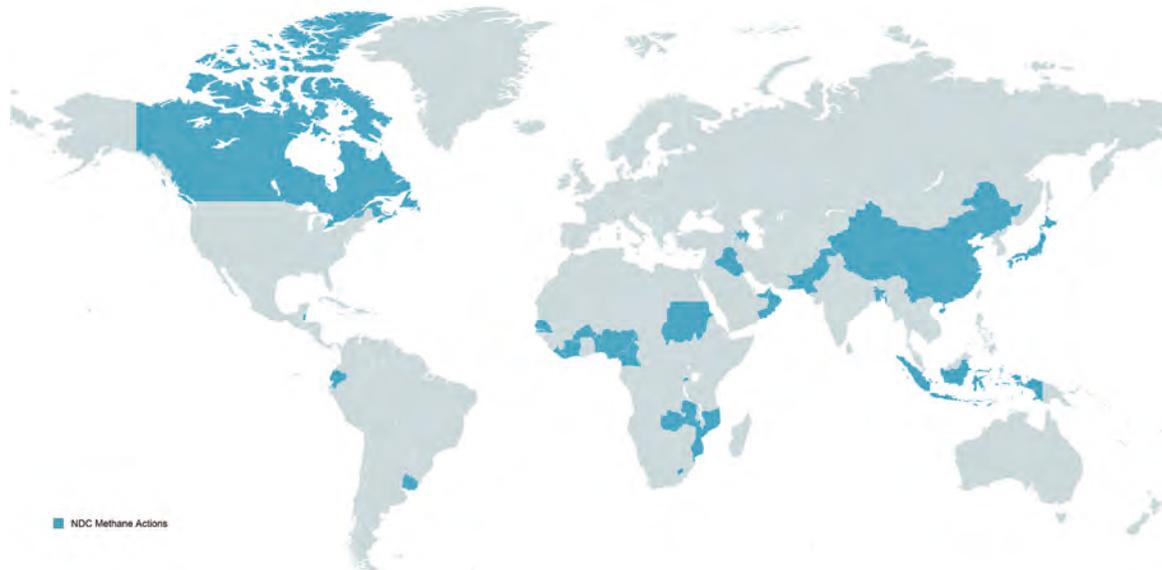
En el campo del arroz y la acuicultura se evidencia un menor número de actores en todas las categorías (ver gráfica 2 y gráfica 3). Esto se puede deber a que su contribución a las emisiones de CH_4 es menor que el de la ganadería y se trata de sistemas productivos ligados a alimentación local y, en menor medida, a grandes flujos de exportación y mercado como sí sucede con la carne [9] y los derivados y productos lácteos. Para el arroz, los actores centrados en reducción de CH_4 están ligados en la mayoría a la reducción del consumo y uso adecuado del agua como recurso crítico en el sistema productivo (gráfica 3). A su vez, algunos también incluyen la problemática de quemas de biomasa que genera el gas metano de manera directa. El metano aparece entonces como un beneficio de todo un conjunto de prácticas para el arroz, pero no como el punto central de beneficio o interés de desarrollo. Tal vez el punto más directo con metano es el trabajo en genética para generar variedades con un buen nivel de producción, pero bajo «contenido» de emisiones del gas.



Cultivo de arroz. Fotografía por: Freepik



Gráfica 3. Diagrama no exhaustivo de los actores involucrados en la reducción de emisiones de metano (puntos en distintos colores, n= 71) frente a las diferentes MTAT (tabla 1.). Las cajas ilustran (nodos) programas con diversos actores involucrados, las cuales tienen un alcance en diferentes escalas y promueven diversas tecnologías de reducción de CH₄.



Mapa 1. Mapa de los países (en azul) que han firmado la Iniciativa Global de Metano (GMI) y que han incluido acciones para la reducción de emisiones de metano en sus Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC) en la primera o segunda versión. En el mapa no se incluye a China al no ser firmante de la GMI.

En cuanto a los gobiernos, veintiocho países de los ciento cincuenta y ocho que han firmado la GMI han incluido metas de reducción de metano o promueven la adopción de MTAT. En su mayoría se trata de países ubicados en África y, en América, solo Canadá, Ecuador y Uruguay incluyen el tema de manera específica en acciones o planes propuestos para este gas de efecto invernadero (GEI) de manera independiente. De los siete países patrocinadores de la GMI, solo Canadá, Japón y Nigeria aparecen con compromisos en este análisis (mapa 1). Dentro de los países no firmantes de la GMI resalta China, pues ha desarrollado un plan para la reducción de metano que incluye el uso de MTAT para la ganadería y el cultivo del arroz, lo que implica una gran apuesta y puede tener implicaciones significativas dada la escala de los sistemas en este país [17].



Control de emisiones en agricultura. Imagen diseñada con IA, Freepik



Discusión y conclusiones

El número y la distribución de los actores que están trabajando en la reducción de metano en sistemas agrícolas representan un escenario positivo en términos de interés y agenda, pero menos favorable en cuanto a la implementación y a las acciones en territorios. Los tipos de actores son variados y su agrupación en nodos brinda una dimensión de cooperación que puede presentar oportunidades y a la vez retos al momento de accionar proyectos. Los nodos de actores que trabajan en la reducción de CH_4 y sus programas conjuntos muestran el peso que tienen las MTAT aplicadas a la ganadería, tal como el manejo de forrajes y el manejo del rumen del ganado a través de diferentes aditivos alimenticios. Estos, sin embargo, son menos positivos en términos de biodiversidad y ecosistemas que otros enfoques como el manejo de pastoreo y forrajes nativos [6, 16]. Existe entonces una oportunidad para escalar estas oportunidades de reducción que sean positivas para la naturaleza.

El alcance que tienen los nodos de organizaciones internacionales en acciones directas es poco claro al tener un rol de agencia y guía, más que de implementación directa, pero su representatividad en el espacio de trabajo en metano es clara. Es común ver actores que trabajan en más de un sistema productivo a la vez en estos nodos. Grandes donantes como el Bezos Earth Fund respaldan estas iniciativas dada su fiabilidad técnica y las potenciales opciones de adopción. Sin embargo, al pasar al escalón de actores de implementación directa, parece ser menos el número y alcance que se tiene con estas tecnologías para la ganadería baja en emisiones de CH_4 a nivel global. De todas formas siguen teniendo una buena representación. No obstante, queda un interrogante: a pesar de que exista un gran interés en el desarrollo e implementación de estas tecnologías, todavía no están claros los beneficios finales que tendrían para el productor ganadero en cuanto a productividad o al beneficio económico directo [6].

Las MTAT para arroz y acuicultura tienen menos actores involucrados y se trata de organizaciones con una trayectoria conocida en estos sistemas lo que representa una oportunidad para nuevos desarrollos y transferencia de tecnologías [12]. El reto para estos sectores puede estar en un menor interés de los donantes que buscan reducción de emisiones como el metano. Hay un gran potencial en acuicultura marina aun más cuando se ha demostrado recientemente que puede ser 40% más eficiente en términos de GEI que sistemas de acuicultura en agua fresca [18]. Los actores de tipo privado que se encuentran trabajando en arroz y acuicultura son importantes en promover un cambio en el sector. En acuicultura, un mayor número de donantes, agencias «nodo» e implementadores podría catalizar no solo un mejor mercado para aditivos que reduzcan la producción de metano en la digestión del ganado, pero también una producción que reduzca las emisiones de metano a través de nuevos alimentos y tecnologías. Es evidente que existe menos peso y representatividad en este caso, pero existen oportunidades de acción en metano a nivel de sistemas.

El compromiso político tanto de los firmantes de la GMI, como de los países que aún no se adhieren a este mecanismo puede ser un catalizador comportamental y de aplicación de carácter transversal. Las cifras encontradas para países con metas para la reducción de metano en sus planes nacionales no son positivas, más cuando se piensa que no llegan a superar el 20% de los países en el mundo. Incluir opciones para la implementación de MTAT en las NDC puede crear

condiciones habilitantes positivas y aumentar la tendencia en desarrollo e investigación con actores que, por el contrario, han tenido una disminución [12]. Aumentar el número de firmantes que lleven el compromiso inicial con la GMI a sus planes nacionales (NDC, NAP) aparece como una meta factible y con un potencial de impacto en decisiones locales que lleven cambios directos a través de todo tipo de actores.

Es importante aclarar que este análisis puede, sin querer, obviar implementaciones privadas o públicas de tipo local que estén tratando las reducciones en emisiones de metano al ser un instrumento nacional y global, más no detallado. También que, al tratarse de un ejercicio de recopilación, inevitablemente tenga limitaciones en acceso a información o datos que no estén abiertos al público, por lo cual algunos actores y geografías se pudieron obviar o subrepresentar. En el campo de la implementación que suele ocurrir a escalas nacionales, un limitante puede ser la metodología de búsqueda pues la mayoría de las fuentes consultadas estaban en inglés y no en los idiomas en los que pueden reportar organizaciones locales.

Comparte este artículo:



Referencias

- [1] Beauchemin KA, Ungerfeld EM, Abdalla AL, Álvarez C, Arndt C, Becquet P, *et al.* Invited Review: Current Enteric Methane Mitigation Options. *J Dairy Sci.* 2022 dic.; 105(12): 9297-9326, <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22091>
- [2] Malley CS, Borgford-Parnell N, Haeussling S, Howard IC, Lefèvre EN, Kuylenstierna JCI. A Roadmap to Achieve the Global Methane Pledge. *Environ. Res.: Climate.* 2023 febr. 6; 2(1): 011003. <https://doi.org/10.1088/2752-5295/acb4b4>
- [3] de Aragão Fernandes P, Naran B, Alberti C, Gupta I, Wignarajah D, Connolly J, Zhang T. Landscape of Methane Abatement Finance 2023 [internet]. Lugar desconocido: Climate Policy Initiative; 2023 [citado 2024 ag. 30]. 43 p. Disponible en: <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2023/11/Landscape-of-Methane-Abatement-Finance.pdf>
- [4] United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions [internet]. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP); 2021 [citado 2024 ag. 30]. 173 p. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/report/global-methane-assessment-benefits-and-costs-mitigating-methane-emissions>
- [5] Saunio M, Stavert AR, Poulter B, Bousquet P, Canadell JG, Jackson RB, *et al.* The global Methane Budget 2000-2017. *Earth Syst Sci Data* 2020 jul. 15; 12(3): 1561-1623. <https://doi.org/10.18160/GCP-CH4-2019>
- [6] Food and Agriculture Organization of the United States (FAO). Methane Emissions in Livestock and Rice Systems: Sources, Quantification, Mitigation and Metrics [Internet]. Roma: FAO; 2023 [citado 2024 ag. 30]. 352 p. Disponible en: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/805a3926-13e2-4d38-b926-315be0091b07/content>
- [7] Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), Food and Agriculture Organization of the United States (FAO). *Agricultural Outlook 2022-2031* [internet]. París: OECD Publishing; 2022 [citado 2024 ag. 30]. 363 p. Disponible en: <https://www.oecd-ilibrary.org/deliver/f1b0b29c-en.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2Ff1b0b29c-en&mimeType=pdf>
- [8] Vegh-Gaynor G, Rowland A, Quintana A, Nguyen L. Mitigating Methane from Food and Agriculture: A Global Health Strategy [internet]. Lugar desconocido: Abt Associates, Global Climate and Health Alliance; 2023 [citado 2024 ag. 30]. 28 p. Disponible en: <https://climateandhealthalliance.org/wp-content/uploads/2023/08/MethaneReport-Ag-FINAL.pdf>
- [9] Banco Mundial. Global Seaweed New and Emerging Markets Report 2023 [internet]. Washington DC: Banco Mundial; 2023 [citado 2024 ag. 30]. 208 p. Disponible en: <https://www.worldbank.org/en/topic/environment/publication/global-seaweed-new-and-emerging-markets-report-2023>
- [10] Vijn S, Paulus CD, Nikki D, Athanasios F, Matthias H, Hristov AN *et al.* Key Considerations for the Use of Seaweed to Reduce Enteric Methane Emissions from Cattle. *Front Vet Sci.* 2020 dic. 22; 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.597430>
- [11] Kwon Y, Lee JY, Choi J, Lee SM, Kim D, Cha JK, *et al.* Loss-of-Function *gs3* Allele Decreases Methane Emissions and Increases Grain Yield in Rice. *Nat Clim Chang.* 2023 nov. 27; 13(12): 1329-1333 <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01872-5>
- [12] Jiang J, Yin D, Sun Z, Ye B, Zhou N. Global Trend of Methane Abatement Inventions and Widening Mismatch With Methane Emissions. *Nat Clim Chang.* 2024 abr.; 14(4): 393-401. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-01947-x>

[13] Pan H, Zheng X, Wu R, Liu X, Xiao S, Sun L, *et al.* Agriculture Related Methane Emissions Embodied in China's Interprovincial Trade. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 2024 en.; 189(parte A): 113850. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113850>

[14] Climate and Clean Air Coalition (CCAC). Methane Roadmap Action Programme (M-RAP) Second Virtual Workshop Series Resources for Filling Gaps in National Data [internet]. Lugar desconocido: CCAC; 2023. [citado 2024 ag. 30]. 39 p. Disponible en: <https://www.ccaoalition.org/sites/default/files/resources/files/Methane%20Roadmap%20Action%20Programme%20-%20Filling%20National%20Data%20Gaps%2014092023.pdf>

[15] Hamdani A, Layth M, Jamal M. Stakeholder Mapping for Climate Action: Leveraging Awareness, Policy, and Technology [internet]. Lugar desconocido: KAPITA, GIZ Irak, German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ); 2023 [citado 2024 ag. 30]. 42 p. Disponible en: <https://kapita.iq/storage/app/media/New%20Research%20Publications/Reports/Stakeholders%20Mapping/Stakeholder-Mapping-for-Climate-Action-Research.pdf>

[16] Murgueitio E, Chará O, Barahona R, Cuartas C, Naranjo J. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI): herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Trop. Subtrop. Agroecosyt.* 2014; 17(3): 501-507.

[17] Heyuan Y. China's Plan to Control Methane Emissions. *Am Assoc Adv Sci.* 2024 en. 26; 386(6681): 377. <https://doi.org/10.1126/science.adn4233>

[18] Shen L, Wu L, Wei W, Yang Y, MacLeod M, Lin J, *et al.* Marine Aquaculture Can Deliver 40 % Lower Carbon Footprints Than Freshwater Aquaculture Based on Feed, Energy and Biogeochemical Cycles. *Nat Food.* 2024 jun. 21; 5: 615-624. <https://doi.org/10.1038/s43016-024-01004-y>





Control cultivo de arroz. Fotografía por: Freepik