

BIOETANOL, UNA ALTERNATIVA PARA MÉXICO

Introducción

Biomovilidad.org es la Asociación para la Movilidad con Biocombustibles en México, una organización dedicada a promover el uso de biocombustibles en el sector transporte en el país para tener una movilidad más sustentable.

Surge del interés de un grupo de académicos y especialistas en materia medioambiental por difundir información científica acerca de los beneficios del uso de biocombustibles líquidos para el transporte, como parte de las acciones para mitigar el cambio climático y disminuir la contaminación del aire

El estudio y el desarrollo de biocombustibles de primera y segunda generación, que son producidos a partir de residuos sólidos como productos agrícolas, ha tenido avances importantes y hoy se presentan como una opción viable en sustitución de los combustibles fósiles.

En México, el uso de biocombustibles líquidos para el transporte ya sea como combustible o como oxigenante en las gasolinas, contribuiría a mejorar la calidad del aire a través de reducir emisiones contaminantes y tóxicas, además de otros beneficios considerables para el medio ambiente y la economía; sin dejar de lado el importante impacto social que podría generar la producción nacional de biocombustibles como el etanol.

Para los cañeros en nuestro país el mercado azucarero tiene retos importantes, ya que existen excedentes de producción que se venden a precios por debajo del costo de producción, por lo que es momento de buscar alternativas para el aprovechamiento óptimo del excedente.

El mismo Programa Nacional de la Industria de la Caña de Azúcar 2021-2024 (Pronac), que publica la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader) con el Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, plantea entre las acciones para hacer más productivo al sector cañero el aprovechamiento de la caña de azúcar para la producción de bioetanol.

Para ponerlo en perspectiva, en México se consumen alrededor de 4 millones de toneladas de azúcar al año; la producción excedente se exporta al mercado de los EE. UU. y al mercado

internacional, el cual compra el azúcar en hasta 60% menos del precio que se paga en el mercado doméstico. Por ejemplo, para el ciclo agrícola de 2022-2023 el excedente se calcula en 1.0 millones de toneladas, pero en otros ciclos (2012-2013) estos han llegado a poco más de 3.0 millones de toneladas. Si los cañeros tienen alternativas para diversificar los productos provenientes de la caña de azúcar, se traducirá en beneficios económicos importantes para los agricultores y la agroindustria, que aumentaría el valor agregado de la caña y, simultáneamente, sustituir la importación de oxigenantes de origen fósil. (Ciclo Agrícola 2022-2023. DOF).

En la COP27 de Egipto, México se comprometió a aumentar la meta para reducir de 22 a 35% los Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el 2030. Esto obliga al gobierno mexicano a amplificar y acelerar las políticas públicas orientadas a descarbonizar nuestra energía.

Debemos buscar que las acciones climáticas no solo traigan beneficios para el medio ambiente y la salud de nuestra población, sino beneficios sociales y económicos.

En el siguiente documento se busca poner en perspectiva la viabilidad de la implementación de biocombustibles como parte de las políticas públicas que se requieren para reducir las emisiones de GEI y cumplir con la meta de evitar pasar los 1.5 grados Celsius en la temperatura mundial que se estableció en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.



Bioetanol, una alternativa para México

Desde hace algunos años hemos escuchado que la transición energética es uno de los grandes retos que tenemos como sociedad de cara al futuro del medio ambiente a nivel mundial.

Tanto los gobiernos como el sector privado han comenzado a poner en marcha estrategias para reducir las emisiones contaminantes mediante la diversificación de la matriz energética.

La tendencia mundial es reducir el uso de combustibles fósiles y dar paso a un mayor uso de energías renovables o limpias.

En la COP28 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, celebrada en diciembre de 2023, se firmó un acuerdo para alejarse gradualmente del uso de combustibles fósiles para 2050 de una forma justa, ordenada y equitativa, mismo que fue signado por casi 200 países; al mismo tiempo, se propusieron opciones para que los países puedan reducir las emisiones GEI y dar paso a esta ambiciosa transición.

El representante del gobierno de México reconoció los efectos adversos del cambio climático y dijo que el país se sumaba al compromiso global sobre energías renovables (triplicar la producción de energías renovables para el 2030) y eficiencia energética.

Adicionalmente, expuso que la acción climática debe incluir un enfoque de derechos humanos, género, interseccionalidad e interculturalidad. (Secretaría de Relaciones Exteriores. Comunicado 521.9-12-23).

Para Biomovilidad.org, este último tema es trascendental pues reconoce la necesidad de que los trabajadores del campo mexicano, específicamente del sector cañero, pueden ser parte de esta transición y desarrollar una nueva agroindustria nacional de biocombustibles.

Para el sector del transporte consideramos que, además de la estrategia de electrificación vehicular a largo plazo, resulta necesario incluir alternativas de corto y mediano plazo para caminar hacia la transición energética y la movilidad sustentable que nos permitan cumplir con los compromisos que México ha asumido en materia de cambio climático y mejorar la calidad del aire en nuestro país.

Los biocombustibles deben ser considerados como parte de la transición energética.

El uso de biocombustibles es una alternativa viable.

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) en su perspectiva de energía 2023, la producción de biocombustibles líquidos aumentó casi un 5% en 2022 hasta los 2.2 de millones de barriles de petróleo equivalente por día (mbep/d).

En el Escenario Net Zero, la participación de biocombustibles líquidos en el mundo se expande rápidamente hasta el 2030 y después tiende a bajar. Sin embargo, para el 2050, la participación de los biocombustibles líquidos en todo el mundo será de 5.4 millones de barriles por día y de 5.6 millones de barriles por día para el 2030, en el Escenario Net Zero. (IEA. World Energy Outlook 2023).

La Agencia señaló en su prospectiva de energía 2022 que existe interés en emplear biocombustibles como el bioetanol para reducir GEI del ciclo de vida en comparación con los combustibles fósiles sin que la materia prima compita con cultivos alimentarios o causen impactos adversos en la sostenibilidad. (IEA. World Energy Outlook 2022).

Impulsar el uso de bioetanol como mezcla oxigenante en las gasolinas es una opción real en México para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y transitar hacia la descarbonización del sector transporte, como uno de los muchos pasos que se tienen que dar en el camino de la transición energética.

El uso del bioetanol como oxigenante en las gasolinas por lo menos al 10%, tiene grandes beneficios para el medio ambiente, ya que por su origen natural mejora la calidad del aire en las ciudades, además de que su ciclo de vida reduce significativamente los Gases de Efecto Invernadero, al requerir menor intensidad energética para su producción, comparado con la gasolina y otros oxigenantes.

También mejora la salud pública al disminuir las emisiones de partículas finas asociadas a enfermedades cardiovasculares y respiratorias.

Contribuye a reducir los costos de las gasolinas ya que históricamente el bioetanol ha sido más barato que la gasolina base y otros oxigenantes que se usan actualmente.

La producción de bioetanol podría impulsar la economía agrícola al crear un gran número de empleos para desarrollar la agroindustria nacional de bioetanol.

Una nueva agroindustria nacional del bioetanol

El uso de bioetanol mezclado en porcentajes de al menos 10% en las gasolinas regulares que usan los vehículos ligeros, además de contribuir a reducir la contaminación del aire y mitigar el cambio climático, puede sentar las bases para crear una Industria Nacional del Bioetanol con importantes beneficios para nuestro país.

Según el Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (Pronac) 2021-2024, la producción de etanol a partir de caña de azúcar es una alternativa sostenible para la diversificación de la agroindustria cañera. Existen más de 800 mil hectáreas cultivadas en 267 municipios de 15 estados del país. Es decir, si se incrementa su productividad y competitividad, a través de la diversificación del cultivo, el beneficio será para los más de 2.5 millones de personas que dependen de la agroindustria de la caña de azúcar. (Presidencia de la República, 2021.)

La producción de etanol a partir de caña de azúcar, “tiene un amplio potencial de mercado para sustituir el aditivo oxigenante (MTBE) usado en las gasolinas y que actualmente se importa desde Estados Unidos de América. Aprovechar la caña de azúcar para otros fines como la producción del bioetanol podría generar más empleos en el campo mexicano, aumentar el ingreso de los productores agrícolas y contribuir a reducir los índices de pobreza y pobreza extrema entre los pequeños productores del campo mexicano”, señala el documento. (Presidencia de la República, 2021).

Esto significa que hay un consenso entre el gobierno y los agricultores cañeros en buscar alternativas para aprovechar de mejor forma los excedentes de caña de azúcar que hay en el país. Los agricultores de caña de azúcar podrán tener un beneficio económico importante al vender los excedentes para la producción de bioetanol.

Las plantas para producción de bioetanol generarían fuentes de empleo en el país, sobre todo en los estados del sur, y ayudarían a disminuir las importaciones de oxigenantes para gasolinas.

Sólo se requiere del trabajo comprometido y decidido para hacerlo realidad, pero, sobre todo, modificar la normatividad en cuanto al uso de biocombustibles y mezclas de etanol en gasolinas

para que los agricultores, productores y la industria de la caña de azúcar tengan certeza de que sus excedentes van a ser adquiridos para la producción nacional de bioetanol.

En 2021, México era el séptimo país en cuanto a producción y quinto en exportación de azúcar (en bruto) a nivel mundial (FAO STAT). Aproximadamente el 67.2 % de la producción de azúcar nacional se destina al consumo doméstico, junto a un 15% que se destina al mercado de los Estados Unidos de América en el marco de los Acuerdos de Suspensión del Azúcar. (Conedasuca. Balance Nacional de Azúcar estimado ciclo 2022/2023. DOF).

Sin embargo, cerca del 17.9% de la producción termina por destinarse al mercado internacional a precios no rentables para los cañeros mexicanos ni para los ingenios azucareros.

Este 17.9 % equivale a cerca de 137 mil hectáreas que podrían acceder a un mejor mercado al detonarse la agroindustria mexicana del bioetanol anhidro. (Estimación con base en datos de Conedasuca y SIAP).

En cuanto a la preocupación de grupos ambientalistas por una posible deforestación, es importante señalar que no existen incentivos para ello, ya que las 137 mil hectáreas representan menos del 1% del territorio nacional, y tan solo un 2.2% respecto de las 6.3 millones de hectáreas con potencial alto y medio para la producción de bioetanol anhidro proveniente de la caña de azúcar. (INIFAP 2012).

Otra preocupación es una posible afectación a la soberanía alimentaria. Al respecto, la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos establece restricciones para el uso de granos alimenticios, como el maíz, para la producción de bioetanol. Por lo anterior, la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar no afectaría la soberanía alimentaria.

Experiencia internacional

La mezcla más utilizada en el mundo es E10, es decir, una mezcla de 10% de bioetanol y 90% de gasolina.

Actualmente en cerca de 70 países ya se usan mezclas de bioetanol en las gasolinas y forma parte de las estrategias de los gobiernos para reducir las emisiones contaminantes, mejorar la calidad del aire y generar políticas públicas en beneficios de los agricultores locales.

En **América Latina** los países que ya utilizan bioetanol en distintos porcentajes mezclados en las gasolinas como parte de sus políticas públicas son:

Bolivia	Paraguay	Ecuador
12%	27%	10%

Uruguay	Colombia	Argentina	Brasil
10%	20%	12%	27%

Guatemala, Costa Rica, Panamá y Chile están en proceso para aprobar el uso de E10 como parte de sus políticas públicas para hacer frente al cambio climático y generar una industria nacional para la producción de este biocombustible.

Otros países que también usan bioetanol son:

Estados Unidos	Francia	Alemania
10% al 15%	10%	10%

Bélgica	Australia	Nueva Zelandia
10%	10%	10%

China	Reino Unido	India
10%	10%	10%

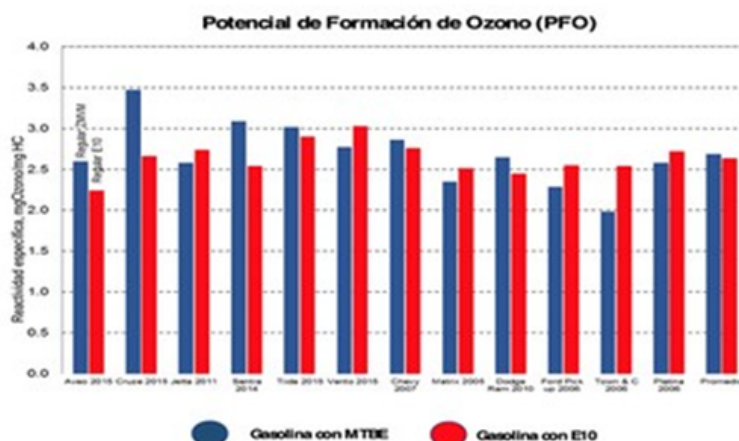
Fuente: Australian Competition & Consumer Commission, (S.F.). Yunfeng, (2021). Parliamentary Counsel Office, (2008)

El caso más reciente y que podría ser un buen ejemplo para México es el de la India, en donde el uso del E10 forma parte de su Política Nacional de Biocombustibles para mejorar la seguridad energética, ayuda a reducir la dependencia de las importaciones de combustible, a tener ahorros económicos, atender los problemas ambientales y dar un impulso al sector agrícola nacional. La política de la India prevé llegar a una mezcla del 20% para el 2025-2026 (Ministry of Petroleum & Natural Gas, 2022).

Beneficios medio ambientales

El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) realizó un estudio en el que analizó las emisiones provenientes de gasolinas con MTBE (Metil ter- butil éter) y con bioetanol. Concluyó que el uso de bioetanol al 10% es una alternativa viable desde el punto de vista ambiental por 2 razones fundamentales:

a. El potencial de formación de ozono en ambas gasolinas presentó reactividades similares y, por lo tanto, diferencias en emisiones no significativas entre ambos combustibles.



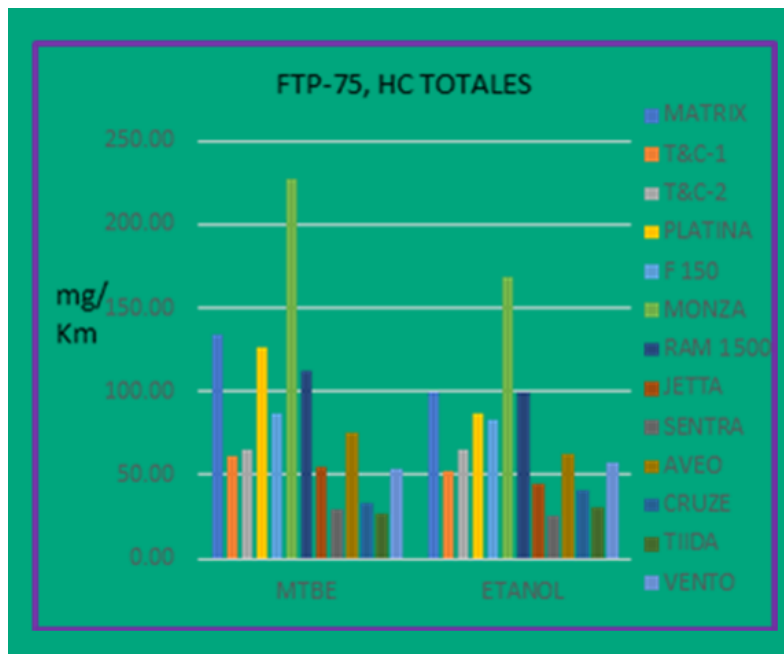
El estudio refiere que no existen diferencias entre las emisiones de compuestos precursores de ozono generadas por gasolina regular con MTBE y gasolina oxigenada con bioetanol. Este hallazgo desacredita la idea de que el uso de etanol implica un riesgo al medio ambiente causado por mayores emisiones y contraviene la premisa que asocia al etanol con la formación de ozono.

b. Las emisiones globales son menores cuando se usa gasolina mezclada con bioetanol respecto de aquellas que emanan de la gasolina convencional (Instituto Mexicano del Petróleo, 2018).

Análisis cromatográfico de emisión de hidrocarburos

Además, otros estudios a nivel nacional e internacional señalan que el E10 en las gasolinas reduce:

- 18% de Hidrocarburos totales.
- 48% de Benceno.
- Monóxido de Carbono (CO) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV): los porcentajes varían de acuerdo con el estudio y metodología empleada.
- Óxido de azufre: el contenido mínimo de azufre reduce la concentración de tóxicos y contenido carbónico por el efecto de dilución de contaminantes.



En un estudio realizado en México en 2015 se señala que, de utilizar mezcla de gasolina y etanol, más de 40 millones de toneladas de CO₂ dejarían de ser emitidas en el 2050. Esto implica un ahorro de 4.2 millones de TCO₂ por año (Solís Ávila, Sheinbaum Pardo, 2015).

Otros estudios de alcance internacional, como la Carta Mundial de Combustibles publicada en 2019, señala que dentro de los compuestos oxigenados que son más compatibles con las tecnologías de vehículos motorizados está el E10, como medida para obtener mejores eficiencias y menores emisiones (European Automobile Manufacturers Association, Alliance of Automobile Manufacturers, Truck and Engine Manufacturers Association, Japan Automobile Manufacturers Association. 2019).

Mejor calidad del aire, mejores niveles de salud

En cuanto a los beneficios a la salud ligados a tener una mejor calidad del aire, el bioetanol al 10% en las gasolinas garantiza:

- La reducción de contaminantes tóxicos carcinogénicos como el benceno (Secretaría de Salud, 2014).
- La reducción en más de 30% las emisiones de partículas finas PM₁₀ y PM_{2.5}, responsables de diversos impactos negativos a la salud (Sedema, Smagem, Semarnath, Semarnat, 2021).
- Mejorar la calidad del aire que podría evitar alrededor de 6 mil muertes prematuras en el año 2030 (Trejo-González et al., 2019).

Beneficios económicos

El bioetanol genera beneficios económicos que podemos resumir en 3 puntos:

- Es más barato que otros oxigenantes y que la gasolina.
- Brinda mayor octanaje.
- Contiene niveles mínimos de azufre.

Menor precio

Históricamente, el costo del MTBE ha sido mayor al de bioetanol e incluso al de la gasolina base.

De acuerdo con un estudio sobre los beneficios económicos que brinda utilizar E10 (para el periodo de 2010 a 2019) se identificó que el precio del bioetanol fue en promedio inferior al precio de la Gasolina Reformulada para Compuestos Oxigenados (Gasolina Base, RBOB, por sus siglas en inglés) en 0.66 pesos por litro, y 2.55 pesos por litro más barato que el MTBE en el mismo periodo (Mayes, Leger, 2020).

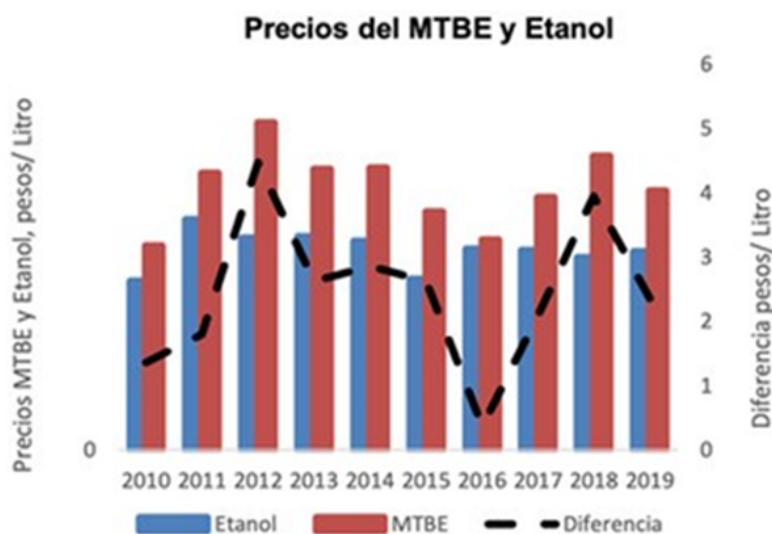
En una década el bioetanol ha sido en promedio más barato:

\$2.55 mx vs MTBE.

\$0.66 mx vs gasolina base.

En 2022, las variaciones de los precios entre estos oxigenantes fueron claras en el primer semestre del año. El aumento de hasta 120 dólares por barril de petróleo provocado por el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania fue suficiente para que un litro de MTBE se ubicara 70 centavos más caro que el bioetanol, solo en el periodo marcado por el conflicto bélico.

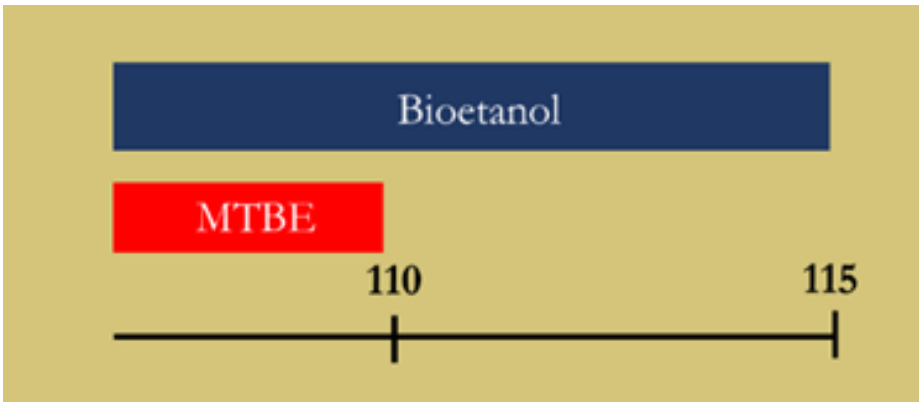
Mejores precios en combustibles benefician al consumidor mexicano que, en el contexto actual, enfrenta una inflación de combustibles del 5.8%. (Morales, 2022).



Mayor octanaje

Un mayor octanaje y menores niveles de azufre permiten que la gasolina con la que se mezcla el bioetanol sea más barata.

Índice de octano



(Fuente USEPA. El mayor octanaje permite un menor sub-grado de octanaje en la gasolina base.)

El bioetanol tiene una doble cantidad de oxígeno, y es el componente más barato en el mercado internacional de combustibles para aumentar el octanaje. Lo anterior significa que, con menor precio y volumen, se obtienen mejores rendimientos económicos.

m% Oxygen	v% Ethanol	v% MTBE
1.8	5	10
2.7	7.5	15
3.6	10	20
5.4	15	30
7.2	20	40

Fuente: elaboración propia con datos de estudios técnicos.

La mezcla de bioetanol con gasolina reduce el costo ya que el bioetanol, a diferencia de otros oxigenantes, no requiere de una refinación o procesamiento adicional, permitiendo que la gasolina con la que se mezcla sea más barata.

Este fenómeno se debe a que la refinación es el segundo factor más costoso para la obtención de gasolinas después de la materia prima, es decir, el petróleo.

La inclusión del bioetanol dota de mayor flexibilidad al sector de hidrocarburos, lo cual constituye una ventaja que permite enfrentar cambios abruptos del mercado energético en momentos de incertidumbre económica, financiera y geopolítica, entre otros muchos aspectos.

En México se usa el MTBE (Metil ter-butil éter) como mezcla oxigenante en las gasolinas. Este producto se importa principalmente de Estados Unidos, en donde está prohibido en la mayoría de los estados debido a los daños por contaminación que causa a los mantos acuíferos.

La regulación en México

Actualmente, la NOM-016-CRE-2016, Especificaciones de Calidad de Petrolíferos, permite el uso y comercialización de mezclas de etanol en las gasolinas, pero solo al 5.8% y se restringe su uso en las zonas metropolitanas de Guadalajara, Monterrey y el Valle de México.

De acuerdo con los diversos estudios tanto nacionales como internacionales que existen sobre el uso del bioetanol como mezcla oxigenante, es factible que la Comisión Reguladora de Energía (CRE) realice, previo un análisis y consultas en grupos de trabajo, modificaciones a la NOM-016-CRE-2016 para aprobar el uso de mezclas con el 10% de bioetanol.

Las mezclas con un menor porcentaje no logran tener un impacto significativo que redunde en beneficios económicos, sociales y medioambientales. Es por ello que los países que actualmente permiten el uso de bioetanol lo hacen a partir de mezclas con el 10% y superiores, como es el caso de Estados Unidos, Brasil e India.

Cabe señalar que la NOM-016-CRE-2016 regula la calidad de los combustibles, y como tal, todos debemos tener la obligación de cumplir con las disposiciones, sin excepciones para zonas rurales, urbanas o de cualquier otra índole.

Conclusiones

México se encuentra en un momento ideal para dar impulso al uso de biocombustibles como una ruta paralela y complementaria a la electromovilidad. Estamos en posibilidades de crear las políticas públicas eficientes y necesarias para beneficiarnos de las distintas tecnologías que existen (autos eléctricos, híbridos, Flex Fuel, biocombustibles -biodiésel, bioetanol, biogás- e hidrógeno) y contribuir a tener un mejor medio ambiente para las futuras generaciones.

Los pasos para lograr una política pública para el uso de bioetanol al 10% son:

- Modificación a la NOM-016-CRE-2016, con una consulta pública transparente e informada.
- Formulación de un Plan Nacional de Etanol que dé impulso a cultivos estratégicos como la caña de azúcar y granos como el sorgo, para fortalecer la capacidad de producción de etanol y generar una Nueva Agroindustria Nacional del Bioetanol, con importantes beneficios de desarrollo principalmente para el sureste mexicano.

Para lograrlo requerimos del compromiso de legisladores, industria, academia y gobierno, siempre.

Enero, 2024

Contacto

Para mayor información o dar retroalimentación para el impulso de los biocombustibles para el transporte en México, visite: www.biomovilidad.org

comunicacion@biomovilidad.org



Referencias

Secretaría de Relaciones Exteriores. Comunicado 521.9-12-23. México participa en el segmento de Alto Nivel de la COP28. Recuperado de: <https://www.gob.mx/sre/prensa/mexico-participa-en-el-segmento-de-alto-nivel-de-la-cop28?idiom=es>

Australian Competition & Consumer Commission. (S.F.). Ethanol and other biofuels. Australia. Recuperado de: <https://www.accc.gov.au/consumers/petrol-and-fuel/ethanol-and-other-biofuels>

European Automobile Manufacturers Association, Alliance of Automobile Manufacturers, Truck and Engine Manufacturers Association, Japan Automobile Manufacturers Association. (2019). Worldwide fuel charter. Sixth Edition. Gasoline and Diesel Fuel. Recuperado de: https://www.acea.auto/files/WWFC_19_gasoline_diesel.pdf

Instituto Mexicano del Petróleo. (2018). Evaluación de gasolina E10 en automotores. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/396321/Informe_del_IMP.pdf

Ministry of Petroleum & Natural Gas. (2022). India has achieved the target of 10 percent ethanol blending, 5 months ahead of schedule. PIB Delhi. Recuperado de: <https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1831289>

Morales, Y. (2022). México tiene la inflación de energéticos más baja en la OCDE. El economista. Recuperado de: <https://www.eleconomista.com.mx/economia/Mexico-tiene-la-inflacion-de-energeticos-mas-baja-en-la-OCDE-20220803-0136.html>

Parliamentary Counsel Office. (2008). Petroleum Products Specifications Regulations 2002. Recuperado de: <https://www.legislation.govt.nz/regulation/public/2002/0210/latest/whole.html#DLM137118>

IEA. World Energy Outlook 2022. Recuperado de: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/executive-summary?language=es>

IEA. World Energy Outlook 2023. Recuperado de: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

Presidencia de la República. (2021). DECRETO por el que se aprueba el Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2021-2024. Estados Unidos Mexicanos. DOF 29/12/2021. Recuperado de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639623&fecha=29/12/2021#gsc.tab=0

Conedasuca. Balance Nacional de Azúcar estimado ciclo 2022/2023. DOF

Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/818798/3erBal_est_22-23_2_5_y_2.4m_230420.pdf

Secretaría de Economía (2022). Monto del cupo máximo para exportar azúcar a los Estados Unidos de América durante el periodo comprendido entre el 1 de octubre de 2022 y el 30 de septiembre de 2023. DOF 19-09-22. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5664676&fecha=19/09/2022#gsc.tab=0

Ciclo Agrícola 2022-2023. DOF. Recuperado de:

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5664676&fecha=19/09/2022#gsc.tab=0

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/818798/3erBal_est_2223_2_5_y_2.4m_230420.pdf

FAOSTAT. Datos sobre alimentación y agricultura. Disponible en:

<https://www.fao.org/faostat/es/#home>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Potencial productivo de especies agrícolas de importancia socioeconómica en México. Disponible en:

<https://www.cmdrs.gob.mx/sites/default/files/cmdrs/sesion/2018/09/17/1474/materiales/inifap-estudio.pdf>

Secretaría de Salud. (2014). NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Estados Unidos Mexicanos. DOF 20/08/2014. Recuperado de:

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20%2F08%2F2014#gsc.tab=0#gsc.tab=0

Sedema, Smagem, , Semarnath, Semarnat. (2021). Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México. Ciudad de México. Recuperado de:

<http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/proaire2021-2030/pdf/ProAireZMVM2021-2030-ResumenEjecutivo.pdf>

Solis, J.C. Sheinbaum, C. (2016). Consumo de energía y emisiones de CO2 del Autotransporte en México y Escenarios de Mitigación. Recuperado de: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v32n1/0188-4999-rica-32-01-00007.pdf>

Trejo-González, et al. (2019). Quantifying health impacts and economic costs of PM2.5 exposure in Mexican cities of the National Urban System. International Journal of Public Health. Recuperado de:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00038-019-01216-1>

Yunfeng, Yu. (2021). China eases implementation of ethanol gasoline on tight feedstock. Independent Commodity Intelligence Services. Recuperado de:

Cicis.com/explore/resources/news/2021/03/18/10618695/china-eases-implementation-of-ethanol-gasoline-on-tight-feedstock/