



White Paper

Proyecto NACAG (Nitric Acid Climate Action Group) en México

México, 29 de noviembre de 2019



South Pole
South Pole Carbon México S. de R.L. de C.V.
Maricopa 10, Piso 8, Col. Nápoles · Ciudad de México · México
+52 55 5564 6793 · info@southpole.com · southpole.com

Detalles

Preparado por:

South Pole Carbon México, S. de R.L. de C.V. (South Pole)

Maricopa 10, Piso 8 · Col. Nápoles · Del. Benito Juárez · 03810 Ciudad de México · México
southpole.com

Autores principales y personas de contacto:

Mireille Meneses Campos
Consultora y líder del proyecto
m.meneses@southpole.com

Miguel Chavarría
Revisor técnico
m.chavarria@southpole.com

Revisado por:
Leonardo Medina Santa Cruz
Asesor Técnico para NACAG en América Latina
leonardo.medina@giz.de

Emilio de Martín Rodríguez
Responsable de NACAG en América Latina
emilio.martin@giz.de

Aviso legal:

Este informe es únicamente para el uso de **Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**. Ninguna parte del mismo puede circular, ser citada o reproducida para distribución a terceros sin el consentimiento previo por escrito de **South Pole Carbon Asset Management Ltd.**

Tabla de Contenido

Resumen ejecutivo	6
1 Introducción	7
1.1 Antecedentes	8
1.2 Objetivo	8
2 Producción de ácido nítrico y emisiones de óxido nitroso	9
2.1 Proceso productivo	9
2.2 Emisiones de óxido nitroso	9
2.3 Tecnologías y costos de abatimiento	11
2.4 Costos de abatimiento	14
2.5 Costo de abatimiento estimado para los productores de ácido nítrico en México	15
3 Situación del sector de producción de ácido nítrico en México	17
3.1 Plantas de ácido nítrico en México	17
3.1.1 Austin Bacis	18
3.1.2 Fertinal – Agroindustrias del Balsas S.A. de C.V.	18
3.1.3 Soluciones Químicas para el Campo y la Industria	19
3.1.4 Univex	19
3.2 Programas de financiamiento de NACAG	21
3.2.1 Opciones de financiamiento	21
3.2.2 Elegibilidad de las plantas de México	23
4 Políticas nacionales e internacionales relacionadas con el abatimiento de emisiones de GEI en el sector del ácido nítrico	24
4.1 Políticas internacionales de cambio climático	24
4.2 Planes, Políticas y Estrategias de cambio climático en México	26
4.2.1 Arreglos Institucionales	26
4.2.2 Instrumentos de política	27
4.2.3 Marco jurídico	30
4.3 Otras reglamentaciones relevantes	32
5 Catálogo de políticas relacionadas con la industria del ácido nítrico	36
5.1 Instrumentos de regulación	36
5.2 Instrumentos económicos o de mercado	38
5.3 Acuerdos voluntarios	43
6 Hoja de ruta	46
7 Conclusiones y recomendaciones finales	51
8 Bibliografía	53

Lista de tablas

Tabla 1. Proyectos de abatimiento de óxido nitroso del sector químico en el MDL	10
Tabla 2. Factores de emisión óxido nitroso por defecto	11
Tabla 3. Resumen de costos de inversión y O&M por tipo de tecnología de abatimiento	14
Tabla 4. Costo total de abatimiento considerando la instalación de tecnología secundaria (descomposición catalítica)	15
Tabla 5. Costo total de abatimiento considerando la instalación de tecnología terciaria (descomposición catalítica directa).	16
Tabla 6: Costo total de abatimiento considerando la instalación de tecnología terciaria (NSCR).	16
Tabla 7. Resumen de las plantas de ácido nítrico en México	20
Tabla 8. Resumen de las subastas pasadas del PAF	22
Tabla 9. Impuesto a los combustibles fósiles en México 2019	32
Tabla 10. Análisis FODA sobre los instrumentos de regulación	38
Tabla 11. Análisis FODA de incentivos financieros	39
Tabla 12. Análisis FODA de incentivos fiscales	41
Tabla 13. Análisis FODA instrumentos de mercado	43
Tabla 14. Análisis FODA sobre acuerdos voluntarios.....	44

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Emisiones de óxido nitroso en tCO ₂ -equivalentes de la producción de ácido nítrico en México	7
Ilustración 2. Descomposición catalítica de óxido nitroso en el reactor de oxidación	12
Ilustración 3. Tipo de configuración para la descomposición combinada del N ₂ O y NO _x	13
Ilustración 4. Producción de ácido nítrico en México	17
Ilustración 5. Política Nacional de Cambio Climático en México	26
Ilustración 6. Escenario tendencial y metas de reducción no condicionadas del NCD en México (2020-2030).....	28
Ilustración 7: Calendario de implementación para el Escenario B.....	49
Ilustración 8: Calendario de implementación para el Escenario C	50

Siglas, acrónimos y abreviaturas

AOD	Asistencia Oficial para el Desarrollo
ANIQ	Asociación Nacional de la Industria Química
BAU	Business As Usual
BMU	Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear
C3	Consejo de Cambio Climático
CER	Certificado de Reducción de Emisiones (<i>Certified Emission Reduction</i>)
CEPCI	<i>Chemical Engineering Plant Cost Index</i>
CH ₄	Metano
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
CDN	Contribución Determinada a nivel Nacional
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ e	Dióxido de carbono equivalente
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
EPA	Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (<i>Environmental Protection Agency</i>)
EU-ETS	Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (<i>European Union-Emission Trading Scheme</i>)
CyGEI	Compuestos y Gases de Efecto Invernadero
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIZ	Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México
HNO ₃	Ácido Nítrico
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGyCEI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero
IEPS	Impuesto Especial sobre Producción y Servicios
IGIE	Impuestos Generales de Importación y de Exportación
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
ISR	Impuesto sobre la Renta
ITMO	Resultado de Mitigación de Transferencia Internacional (<i>Internationally Transferred Mitigation Outcomes</i>)
LGCC	Ley General de Cambio Climático
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
LIGIE	Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MRV	Medición, Reporte y Verificación
N ₂	Nitrógeno
N ₂ O	Óxido nitroso
NACAG	Grupo de Acción Climática del Ácido Nítrico (<i>Nitric Acid Climate Action Group</i>)
NACAP	Programa de Subasta de Ácido Nítrico por el Clima (<i>Nitric Acid Climate Auctions Program</i>)
NO	Óxido de nitrógeno
NOM	Norma Oficial Mexicana
NSCR	Reducción Catalítica no Selectiva
O&M	Operación y Mantenimiento
PAF	Proyecto Piloto de Subasta (<i>Pilot Auction Facility</i>)
PAWP	Programa de Trabajo del Acuerdo de París
PCG	Potencial de Calentamiento Global
PECC	Programa Especial de Cambio Climático
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PNAA	Programa Nacional de Auditoría Ambiental
ppb	partes por billón
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
RENE	Registro Nacional de Emisiones
RETC	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
SCE	Sistema de Comercio de Emisiones
SCR	reducción catalítica selectiva
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público

SRE	Secretaría de Relaciones Exteriores
SINACC	Sistema Nacional de Cambio Climático
SMA	Sistema de Monitoreo Automático
TMA	toneladas métricas al año
UE	Unión Europea
USCUSS	Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura
VCS	Estándar Verificado de Carbono
VCU	Unidades Verificadas de Carbono

Resumen ejecutivo

El ácido nítrico (HNO_3) es un insumo importante para la producción de fertilizantes nitrogenados. En el proceso de producción de ácido nítrico, el óxido nitroso (N_2O) se forma principalmente, durante la oxidación catalítica del amoníaco y es uno de los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI) con un alto Potencial de Calentamiento Global (PCG), 265 veces mayor al del Dióxido de Carbono (CO_2). En la actualidad contribuye con el 6% de los GEI en el mundo (Benavides Ballesteros, 2007).

Con el objetivo de reducir las emisiones de óxido nitroso en la industria de fabricación del ácido nítrico, el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU, por sus siglas en alemán) puso en marcha la iniciativa del Grupo de Acción Climática del Ácido Nítrico (NACAG, por sus siglas en inglés). La Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ, por sus siglas en alemán), ha sido facultada por el BMU para la implementación de dicha iniciativa a través de la Secretaría Técnica de la Iniciativa NACAG.

NACAG incluye un programa de subvenciones que ofrece financiamiento para la instalación de tecnologías de abatimiento en plantas que no hayan tenido previamente un proyecto de reducción de emisiones bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) o el Estándar Verificado de Carbono (VCS). Para aquellas plantas que cuenten con un proyecto en funcionamiento en el marco de alguno de estos esquemas, el Banco Mundial cuenta con el Programa de Subastas de Ácido Nítrico (NACAP, por sus siglas en inglés). Es importante destacar que ambos programas son mutuamente excluyentes; es decir, una planta puede aplicar solo a uno de ellos.

En la actualidad, de las siete plantas de producción de ácido nítrico existentes en México, únicamente cuatro se encuentran en operación. De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGyCEI) la producción de este químico se ha mantenido constante desde 2010 con una producción de 213,000 toneladas anuales, después de presentar sus niveles más bajos durante el periodo 2002-2009 (SEMARNAT-INECC, 2018). Se estima que la capacidad instalada total de dichas plantas es de aproximadamente 450,000 toneladas¹.

En México, tres de las plantas en operación son elegibles para participar en el esquema de subvenciones de NACAG y una para las subastas de NACAP. Para aquellas elegibles para el programa de subvenciones, el apoyo que la iniciativa puede otorgar consiste en el financiamiento a fondo perdido para la instalación de tecnologías de abatimiento de óxido nitroso y otros costos como: obras de modificación de la planta requeridas para la instalación y el uso de la tecnología, costos de implementación del sistema de monitoreo, y costos de personal para las labores de monitoreo y mantenimiento durante un periodo máximo de dos años. La disponibilidad de este financiamiento está sujeto a la condición de que los países adheridos a la iniciativa aseguren la definición de políticas apropiadas para asegurar la continuidad de las actividades de abatimiento financiadas por NACAG.

Como parte de su Contribución Determinada a nivel Nacional (CDN), México se comprometió a reducir de manera no condicionada el 22 % de las emisiones de GEI y el 51 % de las emisiones de carbono negro al año 2030 con respecto al escenario tendencial (*Business As Usual*). Incluye además un componente de adaptación y una meta de reducción de otros compuestos como el carbono negro. La CDN abarca los sectores de transporte, generación de electricidad; residencial y comercial; petróleo y gas; industria; agricultura y ganadería; residuos y uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS). Para cumplir con ellos, México cuenta con un robusto marco jurídico, institucional y de política pública. Las reducciones de emisiones logradas con el apoyo de NACAG contribuirían con un 6.5% de la meta no condicionada de reducción de emisiones del sector industrial al año 2030.

En este White Paper se identificó un catálogo de diversos mecanismos de política (regulatorios, fiscales, de mercado y voluntarios) que permitirían dar continuidad a los compromisos asumidos por México como parte de NACAG. Además, producto de un proceso de consulta que se ha llevado a cabo como parte del desarrollo de este estudio, se elaboró una hoja de ruta que considera diferentes escenarios involucrando dos posibles instrumentos de política que se estiman como los más costo-efectivos en el contexto nacional.

¹ Información recabada del Registro Nacional de Emisiones (RENE) y complementada con la base de datos del MDL.

1 Introducción

El óxido nitroso (N_2O) es uno de los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI) con un Potencial de Calentamiento Global (PCG) 265 veces mayor al CO_2 (GHG Protocol, 2014).

Según el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) la concentración de óxido nitroso en la atmósfera se ha incrementado, aproximadamente de 270 a 320 partes por billón (ppb) (equivalente a un 18.5%), comparado con el año 1850, atribuible a diferentes actividades antropogénicas y que hoy en día contribuye con el 6% de los GEI en el mundo (Benavides Ballesteros, 2007). Además de las actividades agrícolas (principalmente, el uso de fertilizantes químicos y estiércol), transporte y combustión estacionaria, los dos procesos industriales que generan mayores emisiones de óxido nitroso son la producción de ácido adípico y ácido nítrico (HNO_3) que constituyen alrededor de un 0.2 % de las emisiones globales (casi 100 MtCO_2e por año), esto equivale un 24 % de las emisiones de GEI diferentes a CO_2 de procesos industriales (NACAG, 2017).

Dado el elevado potencial de calentamiento global del N_2O , el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) creó el Grupo de Acción Climática del Ácido Nítrico (NACAG, por sus siglas en inglés) con el propósito de coadyuvar en la mitigación del óxido nitroso en la producción de ácido nítrico. Mediante la cooperación internacional y el apoyo de los países receptores de asistencia oficial para el desarrollo, NACAG busca incentivar la instalación de tecnologías de abatimiento en las plantas de ácido nítrico. México es uno de los países receptores de dicho apoyo.

Entre 1990 y 2015, las emisiones de óxido nitroso derivadas de la producción de ácido nítrico en México disminuyeron un 27.8 % con una tasa de crecimiento anual negativa de 1.3 % (SEMARNAT-INECC, 2018).² El declive que se presentó entre 2000-2005 fue como resultado del huracán “Juliette”, que impactó las costas de Baja California Sur y destruyó las instalaciones de una de las plantas de producción de ácido nítrico. Aunado a lo anterior, del 2010 a la fecha se presenta una falta de datos actualizados que puedan demostrar con exactitud la tendencia decreciente de estas emisiones.

El potencial de mitigación, respecto de las emisiones de las plantas de producción elegibles por NACAG, se sitúa en 500,000 tCO_2e .

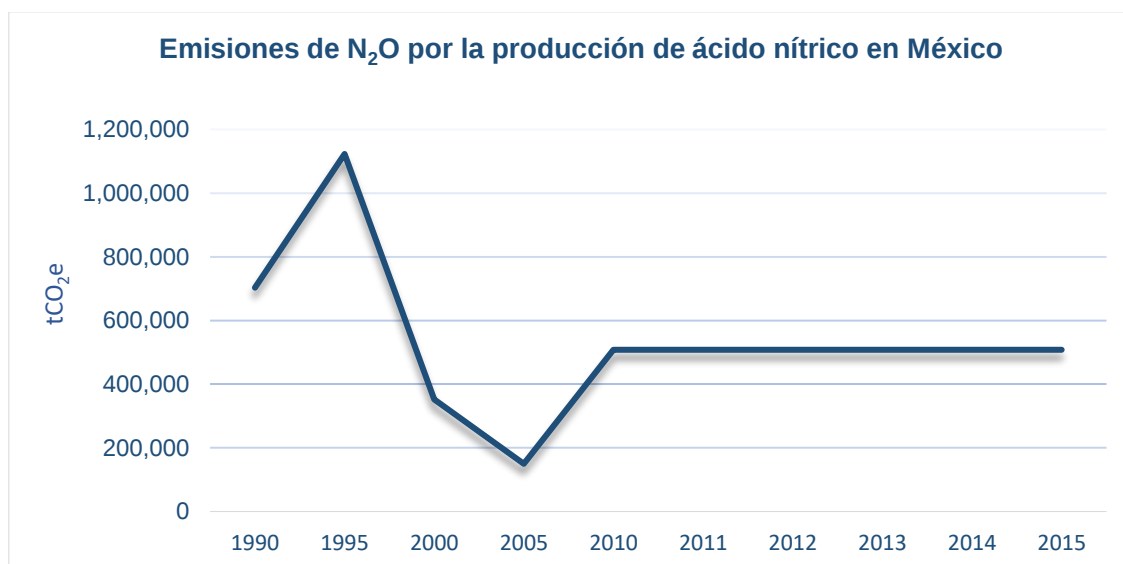


Ilustración 1. Emisiones de óxido nitroso en $\text{tCO}_2\text{-equivalentes}$ de la producción de ácido nítrico en México

Fuente: Elaboración de South Pole con base en el Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (SEMARNAT-INECC, 2018).

² Desde el 2010 no se cuenta con una recolección adecuada de datos sobre la producción de ácido nítrico en México.

Con el objetivo de reducir las emisiones de óxido nítrico en la industria de fabricación del ácido nítrico, el BMU puso en marcha la iniciativa Grupo de Acción Climática del Ácido Nítrico (NACAG, por sus siglas en inglés). La Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ, por sus siglas en alemán) ha sido designada por el BMU para la operación de una unidad de apoyo técnico, la cual se ha denominado Secretaría Técnica de la Iniciativa NACAG.

La iniciativa proporciona a todos los gobiernos y operadores de plantas generadoras de ácido nítrico, orientación e información sobre tecnologías y reglamentaciones relacionadas con la reducción de óxido nítrico. Además, NACAG pone a disposición apoyo financiero para la instalación y el funcionamiento de tecnologías de reducción de emisiones. Este apoyo financiero estará disponible para países receptores de Asistencia Oficial para el Desarrollo (AOD), y estará sujeto a que los países socios del proceso asuman la plena responsabilidad de las actividades de mitigación a partir de 2024.

En México, South Pole fue seleccionada como firma consultora para apoyar el desarrollo de la iniciativa NACAG. En la elaboración de este *White Paper*, se contó con la participación de las empresas de producción de ácido nítrico Austin Bacis S.A. de C.V., Fertinal S.A. de C.V., Soluciones Químicas para el Campo, S.A. de C.V. y Univex, S.A. de C.V., la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ).

1.1 Antecedentes

En México, la SEMARNAT con apoyo de la GIZ realizó el segundo taller técnico el 4 de abril de 2019, en el que se presentó la iniciativa NACAG, su objetivo, los beneficios y cómo acceder a los mismos. Asimismo, se llevó a cabo un diálogo público-privado para presentar el panorama general de la industria del ácido nítrico en México, discutir posibles instrumentos de financiación adicionales y definir el mecanismo de regulación para dar continuidad al apoyo por parte de la iniciativa NACAG.

1.2 Objetivo

Elaborar un catálogo de políticas, mecanismos, instrumentos e incentivos que permitan asegurar la continuidad de la reducción de emisiones de óxido nítrico derivadas de la producción de ácido nítrico en México.

2 Producción de ácido nítrico y emisiones de óxido nitroso

2.1 Proceso productivo

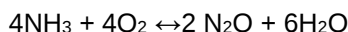
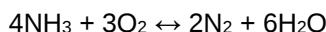
El HNO_3 es un insumo importante para la producción de fertilizantes nitrogenados; también es usado para la producción de colorantes, productos farmacéuticos, explosivos y en procesos metalúrgicos. Por lo general, el ácido nítrico es fabricado con el proceso de Ostwald, que convierte el amoníaco en ácido nítrico.

Paso 1: Oxidación primaria (oxidación del amoníaco)

La oxidación del amoníaco con el oxígeno del aire se realiza en un reactor en el que se encuentra instalado un catalizador que trabaja a una temperatura entre 600 a 900°C. Este catalizador es de unas mallas compuestas en gran medida, de platino (Pt) con pequeñas cantidades de rodio (Rh) y paladio (Pd), donde catalíticamente se producen óxido de nitrógeno (NO) y agua:

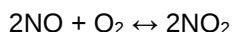


Sin embargo, en una reacción secundaria también se originan otras reacciones simultáneas que generan nitrógeno (N_2) y óxido nitroso (N_2O). Estas reacciones dependen, sobre todo, del diseño del catalizador y las condiciones operativas como la temperatura y presión:

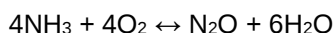
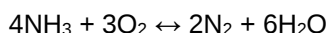


Paso 2: Oxidación secundaria (producción de dióxido de nitrógeno)

Posteriormente, los gases ricos en óxido de nitrógeno pasan a un proceso de enfriamiento a través de una serie de intercambiadores de calor para reducir la temperatura del gas hasta 50-150°C en los cuales se condensa el agua (producto de la oxidación de amoníaco) y ácido nítrico débil (de baja concentración) que es formado y separado en un condensador-enfriador. Durante el proceso de enfriamiento, el óxido de nitrógeno (NO) es convertido a dióxido de nitrógeno (NO_2) y es transferido a una torre de absorción.

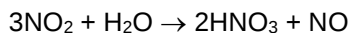


En este paso, también pueden ocurrir otras reacciones secundarias, resultando en la generación de N_2 y N_2O .



Paso 3: Absorción de NO_2 (formación de ácido nítrico)

El dióxido de nitrógeno se introduce al fondo de una torre de absorción especial, donde por la parte superior se inyecta agua. A medida que el agua baja, se pone en contacto con el dióxido de nitrógeno ascendente reaccionando entre sí y formando el ácido nítrico.



El ácido nítrico, producido en el paso 2, también es inyectado a esta torre de absorción para su recuperación.

Paso 4: Concentración del ácido nítrico (formación de ácido nítrico)

Dependiendo de la tecnología del proceso de producción, el ácido nítrico se puede concentrar, ya sea reciclando parte de éste en la torre de absorción, o pasándolo por un agente deshidratante para absorber el agua o mediante un sistema de destilación para retirar el agua y lograr una concentración de ácido nítrico más alta.

2.2 Emisiones de óxido nitroso

En el proceso de producción de ácido nítrico, el óxido nitroso se forma principalmente, durante la oxidación catalítica de amoníaco sobre las redes del catalizador primario o gasas, como son comúnmente llamadas. El óxido nitroso generado en estos procesos es emitido a la atmósfera y debido a su alto PCG resulta en una contribución significativa al incremento de la temperatura global. Actualmente, la regulación de las emisiones de óxido nitroso derivadas de dichos

procesos, así como los incentivos económicos externos a nivel global para su abatimiento son escasos.

Según el programa NACAG, existen cerca de 580 plantas productoras de ácido nítrico en el mundo. La Unión Europea (UE), California, Nueva Zelanda y República de Corea son algunas de las jurisdicciones que han incluido las emisiones de óxido nítrico en sus correspondientes sistemas de precio al carbono. Con este sistema, las plantas de ácido nítrico tienen cierto número de permisos de emisión otorgados. Los derechos de emisión para estas plantas se conceden según sus emisiones de producción históricas y se reducen año con año. Así mismo, se pueden adquirir permisos adicionales por medio de subastas. En caso de reducir las emisiones por debajo de la cantidad de permisos disponibles, esto permite guardar los permisos que sobran para años subsecuentes o venderlos al mercado, lo cual puede generar un incentivo adicional para el sector de producción de ácido nítrico.

Hasta el 2012, en los países en desarrollo las tecnologías de abatimiento se han implementado en mayor medida gracias a los incentivos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Sin embargo, la caída de los precios en este mercado resultó en un congelamiento de los proyectos, que en muchos casos detuvieron las tecnologías de abatimiento por el costo adicional de operación que representaban.

La Tabla 1, resume los proyectos de óxido nítrico del sector químico registrado en el MDL. De 98 proyectos en plantas de producción de ácido nítrico, se estima que 54 de ellos han reducido más de 80 MtCO₂e, con un factor de éxito promedio del 83 % (relación entre estimación *ex ante* y medición *ex post*).

Tabla 1. Proyectos de abatimiento de óxido nítrico del sector químico en el MDL

Tipo de proyecto	Proyectos registrados	Proyectos verificados	kCER ³ emitidos	Éxito promedio de emisión ⁴
Ácido Adípico	4	4	264,463	113%
Ácido Nítrico	98	54	83,305	83%
Caprolactama	3	2	2,289	45%
Total N₂O	105	60	350,057	

Fuente: Elaboración de South Pole, basada en (UNEP DTU, 2018)

La cantidad de óxido nítrico formada en el proceso de producción de ácido nítrico depende del diseño del catalizador, así como del diseño y antigüedad de las mallas, y las condiciones operacionales, como la temperatura y presión de operación (Schneider & Cames, 2014). Las emisiones se pueden medir en la concentración del gas de escape de una planta.

En general, las plantas que trabajan a baja presión tienen un factor de emisión menor que las plantas que trabajan a mediana o alta presión. El rango típico va desde 4.5 a 12.6 kgN₂O por tonelada de ácido nítrico producida al 100% de concentración, según los valores por defecto del IPCC (ver Tabla 2.). Tanto el promedio de las plantas de Estados Unidos que fueron construidas entre los años 1960 y 2000, como los 49 proyectos MDL que fueron analizados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) indican un promedio muy cercano a 9.0 kgN₂O por tonelada de ácido nítrico (medido al 100% de concentración) (EPA, 2010).

³ Certificado de Reducción de Emisiones, por sus siglas en inglés.

⁴ Relación entre reducción estimada *ex ante* y medida *ex post*.

Tabla 2. Factores de emisión óxido nitroso por defecto

Proceso de producción	Presión aproximada (atm)	Emisiones N ₂ O (kg N ₂ O/t HNO ₃)		
		Bajo	Medio	Alto
Plantas con Reducción Catalítica no Selectiva (NSCR)	*	1,9	2	2,1
Plantas con destrucción N ₂ O del gas en cola o proceso integrado		2,25	2,5	2,75
Presión atmosférica (baja presión)	1	4,5	5	5,5
Plantas de mediana presión	4-8	5,6	7	8,4
Plantas de alta presión	8-14	5,4	9	12,6

Fuente: Elaboración de South Pole basada en (IPCC, 2006)

2.3 Tecnologías y costos de abatimiento

Dentro de las tecnologías de abatimiento actualmente existentes en el mercado se encuentran diferentes opciones, clasificadas de acuerdo con su ubicación en el proceso de producción de ácido nítrico. Así nos encontramos con:

Tecnología Primaria: este grupo de medidas de abatimiento pueden ser aplicadas en la etapa de oxidación de amoníaco del proceso de producción de ácido nítrico que tiene lugar en el reactor de oxidación. Hay dos enfoques alternativos categorizados como opciones de abatimiento primario: aquellos que se basan en mejorar la eficiencia de la reacción de oxidación mediante gasas optimizadas catalíticas de Platino-Rodio (EPA, 2013). Según los proveedores, las gasas mejoradas podrían llevar a un abatimiento del 30 % al 40 % de la formación de óxido nitroso (EPA, 2010). Y por otro lado están aquellas que consiguen este resultado mediante la optimización de la forma del reactor. Esto es lo más adecuado para la inclusión en nuevas plantas, ya que requiere rediseñar la cámara de reacción luego del quemador de amoníaco. La eficiencia de reducción es alrededor del 70 % al 85 % (EPA, 2010). Este cambio de diseño puede aumentar el costo de capital de una nueva planta en un 5 o 6 %, pero, no tiene impacto en los costos operativos (Perez-Ramirez, Kapteijna, Schöffel, & Moulijn, 2003).

Tecnología Secundaria: estas medidas de abatimiento eliminan el óxido nitroso inmediatamente después de la etapa de oxidación de amoníaco, todavía dentro del reactor de oxidación. Consisten en la instalación de un catalizador secundario de destrucción de óxido nitroso en el reactor de oxidación después del catalizador primario. La eficacia de reducción del catalizador secundario oscila entre 80% y 90 %. Sin embargo, se observa que en las plantas que han participado en el MDL, la eficacia reportada varía de 50% a más del 90 %, dependiendo del diseño y las condiciones de operación de la planta de ácido nítrico y de cómo ha sido instalado el catalizador secundario. De acuerdo con Kollmuss & Lazarus (2010) y Debor, *et. al.* (2010) los 58 proyectos registrados en el MDL y el mecanismo de Implementación Conjunta (JI, por sus siglas en inglés) hasta el 2010, lograron una eficiencia promedio de reducción del 70 %.

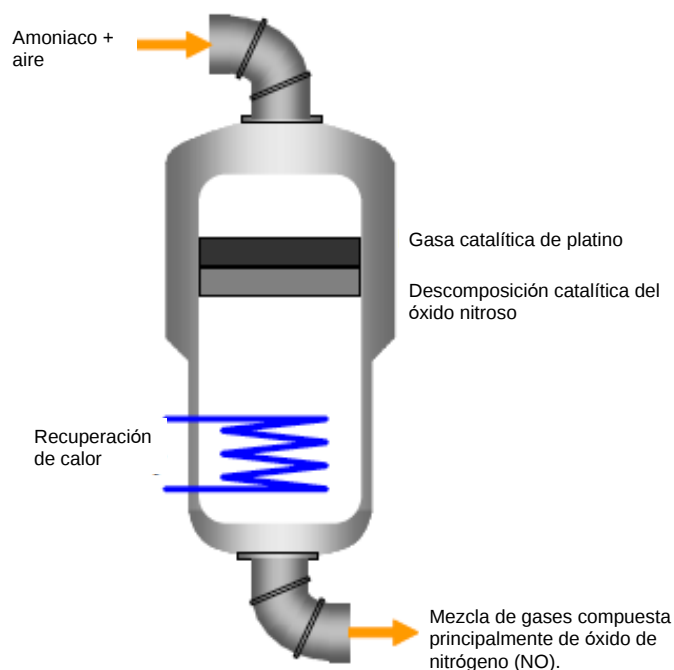


Ilustración 2. Descomposición catalítica de óxido nítrico en el reactor de oxidación

Fuente: (CE, 2007) Traducción elaborada por South Pole

Tecnología Terciaria: estas medidas de abatimiento se ubican después del proceso de absorción, donde el gas de cola puede tratarse con mucha menor interferencia con el proceso de producción de ácido nítrico, en comparación con la tecnología de abatimiento secundaria. Este tratamiento puede reducir las emisiones de óxido nítrico en más del 90 %, e incluso hasta por encima del 99 % (EPA, 2013; Perez-Ramirez, Kapteijna, Schöffel, & Moulijn, 2003), pero implica mayores costos de inversión y normalmente requiere de espacio físico adicional en la planta para su instalación, para albergar el reactor de abatimiento. Las medidas terciarias pueden dividirse en las siguientes categorías (EPA, 2010):

- **Descomposición catalítica selectiva de óxidos nitrosos a alta temperatura:** esta tecnología trata el gas de cola en el punto que alcanza su mayor temperatura, que normalmente suele estar después del intercambiador de calor en el reactor de oxidación, donde el calor de oxidación de amoníaco es parcialmente cedido al gas de cola. En presencia de un catalizador especial (catalizador terciario), el óxido nítrico se descompone en nitrógeno y oxígeno con una eficiencia que llega a alcanzar el 95%. Esta opción es aplicable cuando la temperatura del gas de cola ronda los 500°C.
- **Reducción combinada de óxidos de nitrógeno (N₂O) y óxido nítrico (NO_x):** este proceso comprende un reactor donde se combina la eliminación de óxidos nitrosos y óxidos de nitrógeno. Este reactor puede ser instalado bien entre el intercambiador de calor del reactor de oxidación y la turbina de gas de cola (expansor), o bien inmediatamente después de ésta. La segunda configuración tiene sin embargo el inconveniente de que gran parte de la energía del gas de cola se ha entregado en la turbina y por consiguiente será necesario recuperar parte de la temperatura y/o presión antes de que el gas de cola entre en el reactor de abatimiento. Este tipo de tecnología opera a temperaturas de entre 300 y 520°C, siendo la temperatura un factor determinante para el proceso. Los reactores de eliminación combinada de óxidos nitrosos y óxidos de nitrógeno constan generalmente de dos tipos de catalizador, donde los dos tipos de gases son eliminados de manera independiente. Existen en este sentido diferentes configuraciones: a) los catalizadores de N₂O basados en zeolitas de hierro que trabajan a alta temperatura (temperaturas mayores a 420°C), donde la descomposición de óxidos nitrosos en nitrógeno y oxígeno se lleva a cabo con una carga completa de óxidos de nitrógeno (NO), puesto que este último promueve la descomposición del óxido nítrico en presencia de las zeolitas. En el segundo catalizador, los óxidos de nitrógeno se reducen mediante la inyección de amoníaco. En esta segunda etapa puede ocurrir una pequeña descomposición adicional de óxido nítrico; b) para temperaturas más

bajas de gas de cola ($<400^{\circ}\text{C}$) se procede primero a la eliminación de gases de NO_x mediante la inyección de amoníaco y la posterior reducción catalítica del N_2O con la ayuda de un hidrocarburo (normalmente gas natural), que actúa como agente activador de la reacción. En la Ilustración 3 se muestra un ejemplo de configuración a).

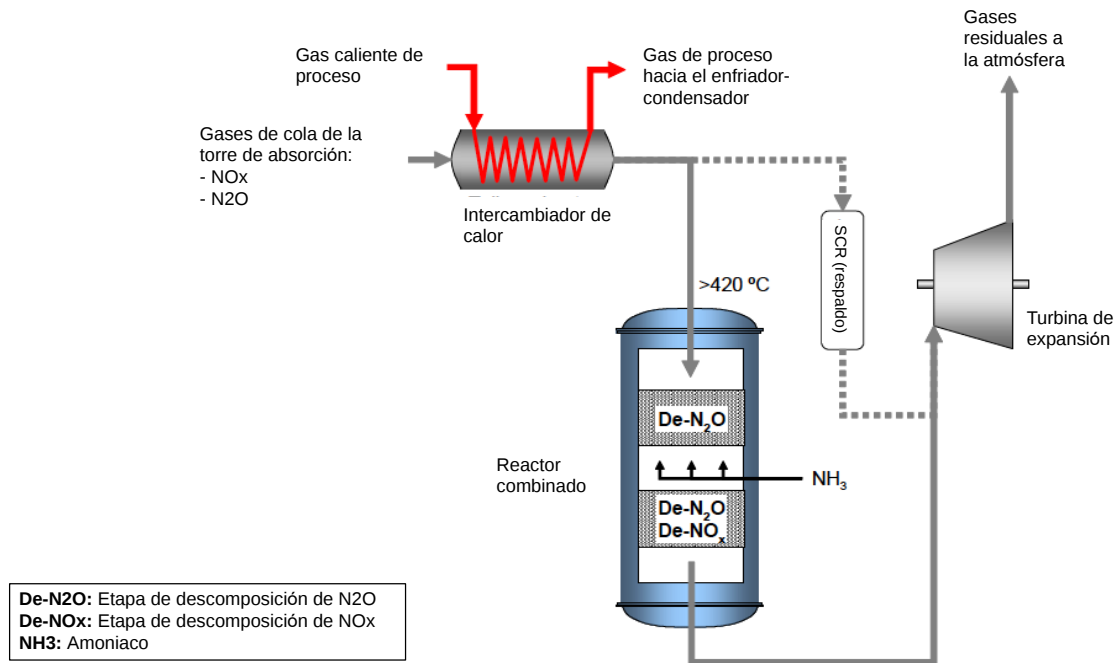


Ilustración 3. Tipo de configuración para la descomposición combinada del N_2O y NO_x

Fuente: (CE, 2007) Traducción elaborada por South Pole.

La efectividad de la reducción catalítica de óxido nitroso depende de varios factores, como el tipo de catalizador, la duración de su período de operación, el espesor de la capa de catalizador y las condiciones tecnológicas específicas del proceso de producción de ácido nítrico (Stefanova & Chuturkova, 2015).

- **Reducción catalítica no selectiva (NSCR):** es un tipo de tecnología también aplicada en un reactor adicional de abatimiento que trata los gases de cola. Los reactores NSCR tienen mayores costos de operación porque requieren de un reactivo, como gas natural, propano, butano o hidrógeno, para reducir los óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxido nitroso (N_2O) sobre un único catalizador para ambos gases. Aunque fue desarrollado originalmente como un sistema de reducción de óxidos de nitrógeno, la reducción catalítica no selectiva puede reducir también de manera considerable las emisiones de óxido nitroso. Este proceso se denomina no selectivo porque no existe un control directo del proceso de mitigación de un solo gas. El reactivo añadido al proceso primero agota todo el oxígeno libre presente en el gas de cola (proceso altamente exotérmico), luego elimina los óxidos de nitrógeno (NO_x) y posteriormente, si aún queda suficiente combustible, el óxido nitroso (N_2O). Por tanto, se requiere un exceso de agente reductor para reducir los óxidos de nitrógeno y el óxido nitroso a nitrógeno y oxígeno.

Los catalizadores para sistemas NSCR generalmente se basan en platino, pentóxido de vanadio, óxido de hierro o titanio; los soportes de catalizador están típicamente hechos de pellets de alúmina o un sustrato de panel de cerámica. A medida que el catalizador se desgasta, la cantidad de combustible se aumenta para mantener los mismos valores de reducción de óxidos de nitrógeno en el gas de cola.

La reacción de reducción catalítica en un NSCR es exotérmica, lo que significa que la reacción genera calor; éste puede recuperarse y convertirse en vapor para su uso como fuente de energía, lo que podría proporcionar beneficios potenciales. Esta opción es aplicable a todas las instalaciones de producción de ácido nítrico sin medidas existentes de abatimiento terciario y puede alcanzar una eficiencia de abatimiento de aproximadamente un 70 % a 90 % (Perez-Ramirez, Kapteijna, Schöffel, & Moulijn, 2003). Este tipo de

tecnología sin embargo, no se considera dentro de las “mejores tecnologías disponibles” para el abatimiento de óxidos nitrosos (CE, 2007), principalmente debido al hecho de que requiere un consumo considerable de agente reactivo, genera emisiones adicionales de CO₂, que hay que contabilizar en el balance final de reducción y normalmente muestra niveles de abatimiento muy por debajo de otros sistemas de abatimiento terciario.

Aproximadamente, 77% de los proyectos MDL a nivel global emplean las tecnologías secundarias y solo un 23% las terciarias,⁵ por el menor costo de inversión frente a un ingreso similar por la venta de bonos de carbono. En 2009 y 2013, México presentó dos proyectos MDL respectivamente para la reducción de emisiones en la producción de ácido nítrico. Ambos proyectos MDL contemplaron la instalación de tecnología secundaria, sin embargo, sólo uno generó CER. En la sección 3.1 se explican los detalles de ambos proyectos.

2.4 Costos de abatimiento

Los costos pueden variar considerablemente según el diseño de la planta, capacidad de producción, condiciones de operación (sobre todo los niveles de temperatura y la presión de operación) y costos locales (salario e insumos), entre otros.

La Tabla 3 resume los costos aproximados de cada una de las tecnologías de abatimiento existentes.

Tabla 3. Resumen de costos de inversión y O&M por tipo de tecnología de abatimiento

Tecnología de abatimiento	Costos de inversión (USD/tHNO ₃ capacidad instalada anual)	Costos anuales de O&M (USD/tHNO ₃ producida)
Secundaria – Descomposición catalítica	3.8	1.4
Terciaria – Descomposición catalítica directa	6.9	0.7
Terciaria – Reducción catalítica no selectiva	13.8	9.6

Fuente: Elaborado por South Pole con base en valores obtenidos de (Comisión Europea, 2008) y (EPA, 2013)⁶

Los costos de la tabla anterior son únicamente de carácter indicativo para proporcionar un marco de comparación entre los relacionados con cada tipo de tecnología.

Es importante destacar que, independientemente del tamaño de la planta que se trate, existen costos mínimos (base) de inversión de capital que deben hacerse y que no se pueden obtener de forma lineal, únicamente a través de la multiplicación de la capacidad instalada de una planta por el costo de inversión (en unidades de USD/tHNO₃ capacidad instalada). Por ejemplo, para una planta pequeña (con capacidad instalada de alrededor de 200 tHNO₃/día) y que busque instalar una tecnología de abatimiento terciaria, se estima como mínimo necesario una inversión de 500,000 USD, pero podría incrementar hasta 2,500,000 USD. Por otro lado, para una planta grande (con capacidad instalada de alrededor de 1,000 tHNO₃/día) la inversión mínima inicial podría ser de 1,500,000 USD y podría llegar hasta los 4,000,000 USD.

⁵ Valores estimados a partir de un análisis realizado por la GIZ de los proyectos MDL registrados ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMUNCC).

⁶ Estos valores fueron actualizados al 2018 mediante el uso del índice CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Index*) y de un tipo de cambio de 1.109 USD/EUR y corresponden a los costos necesarios para una planta de 1,000 tHNO₃/día de capacidad instalada.

2.5 Costo de abatimiento estimado para los productores de ácido nítrico en México

En las tablas 4, 5 y 6 se muestran los resultados de las estimaciones de los costos de abatimiento bajo distintas tecnologías, en unidades de USD por tonelada de bióxido de carbono equivalente (USD/tCO_{2e}).

Como se detalla en el Capítulo 3, Fertinal ya instaló una tecnología de abatimiento (secundaria de descomposición catalítica), registró su proyecto dentro del MDL de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y ha generado Certificados de Reducción de Emisiones (CERs), por lo que no es elegible para participar en la iniciativa NACAG, motivo por el cual no se incluye en las tablas de estimaciones de costos de abatimiento.

Para los cálculos de costos, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Costos de capital: se consideran los costos de compra e instalación de catalizador y equipos, las modificaciones necesarias para el proceso productivo y las posibles pérdidas de producción durante la instalación del equipo.
- Costos de O&M: se incluyen aquellos de la sustitución del catalizador, la recuperación del catalizador dispersado por arrastre y la pérdida de producción por interrupciones generadas por el catalizador.
- Se utilizaron los costos de inversión y O&M por tipo de tecnología de abatimiento de la Comisión Europea (2008). Sin embargo, el valor mínimo (base) de inversión utilizado para cualquier tecnología fue 500,000 USD, de forma que no se subestimen los costos de capital del proyecto. Es importante mencionar que, para los participantes de la iniciativa NACAG, los costos de inversión no son realmente materiales para la toma de decisión sobre la adopción de una tecnología de abatimiento, ya que el mismo programa los cubre.
- Las eficiencias de abatimiento seleccionadas para las tecnologías son promedio; sin embargo, actualmente las tecnologías secundarias podrían alcanzar rendimientos de 80-90% y las tecnologías terciarias podrían tener rendimientos de 99%.
- Se consideran periodos de mitigación con una duración de 10 años, con el fin de reflejar el costo de abatimiento durante el ciclo de cumplimiento de las NDC de México.
- La vida útil de los catalizadores se estima en 5 años para la tecnología secundaria, y 10 años para la tecnología terciaria. A pesar de que la vida útil de los catalizadores es difícilmente predecible, pues depende en mayor medida de las condiciones específicas de operación, estos valores se determinan a partir de la experiencia en proyectos existentes de MDL.
- Los costos estimados se dividen entre costo de inversión (presentado en US\$/HNO₃ anuales) y el costo de operación y mantenimiento (presentado en US\$/tCO_{2e} acumuladas en el periodo de 10 años).

Tabla 4. Costo total de abatimiento considerando la instalación de tecnología secundaria (descomposición catalítica)

Planta	Producción (tHNO ₃ /año)	Factor de emisión (kgN ₂ O / tHNO ₃)	Eficiencia de abatimiento	Periodo (años)	Potencial de mitigación (KtCO _{2e})	Inversión (USD / tHNO ₃)	O&M (USD / tCO _{2e})
Austin Bacis	22,630	9.0	85%	10	459	22.09	0.70
Soluciones Químicas para el Campo	108,000	9.0	85%	10	2,189	4.63	0.70
Univex	85,000	9.0	85%	10	1,723	5.88	0.70

Fuente: Elaborado por South Pole con base en los datos de los ejemplos obtenidos de (Comisión Europea, 2008).

Tabla 5. Costo total de abatimiento considerando la instalación de tecnología terciaria (descomposición catalítica directa).

Planta	Producción (tHNO ₃ /año)	Factor de emisión (kgN ₂ O / tHNO ₃)	Eficiencia de abatimiento	Periodo (años)	Potencial de mitigación (KtCO _{2e})	Inversión (USD / tHNO ₃)	O&M (USD / tCO _{2e})
Austin Bacis	22,630	9.0	95%	10	513	22.09	0.29
Soluciones Químicas para el Campo	108,000	9.0	95%	10	2,447	6.95	0.29
Univex	85,000	9.0	95%	10	1,926	6.95	0.29

Fuente: Elaborado por South Pole con base en los datos de los ejemplos obtenidos de (Comisión Europea, 2008)

Tabla 6: Costo total de abatimiento considerando la instalación de tecnología terciaria (NSCR).

Planta	Producción (tHNO ₃ /año)	Factor de emisión (kgN ₂ O / tHNO ₃)	Eficiencia de abatimiento	Periodo (años)	Potencial de mitigación (KtCO _{2e})	Inversión (USD / tHNO ₃)	O&M (USD / tCO _{2e})
Austin Bacis	22,630	9.0	95%	10	513	22.09	4.25
Soluciones Químicas para el Campo	108,000	9.0	95%	10	2,447	13.80	4.25
Univex	85,000	9.0	95%	10	1,926	13.80	4.25

Fuente: Elaborado por South Pole con base en los datos de los ejemplos obtenidos de (Comisión Europea, 2008).

Los costos de las tablas anteriores son solo indicativos ya que los reales para cada instalación solo se pueden obtener con precisión a través de una visita a sitio. Esto se debe a que los costos dependen de diversos factores, por ejemplo, el espacio existente en la planta para realizar modificaciones y para la instalación de equipos y/o las condiciones de operación (presión y temperatura).

3 Situación del sector de producción de ácido nítrico en México

A pesar de la falta de disponibilidad de datos precisos, se estima que la producción de ácido nítrico en México se ha mantenido constante desde 2010 con 213,000 toneladas anuales, después de alcanzar sus niveles más bajos de producción durante el periodo 2002-2009 con 62.3 tHNO₃ anuales en promedio (Ilustración 4).

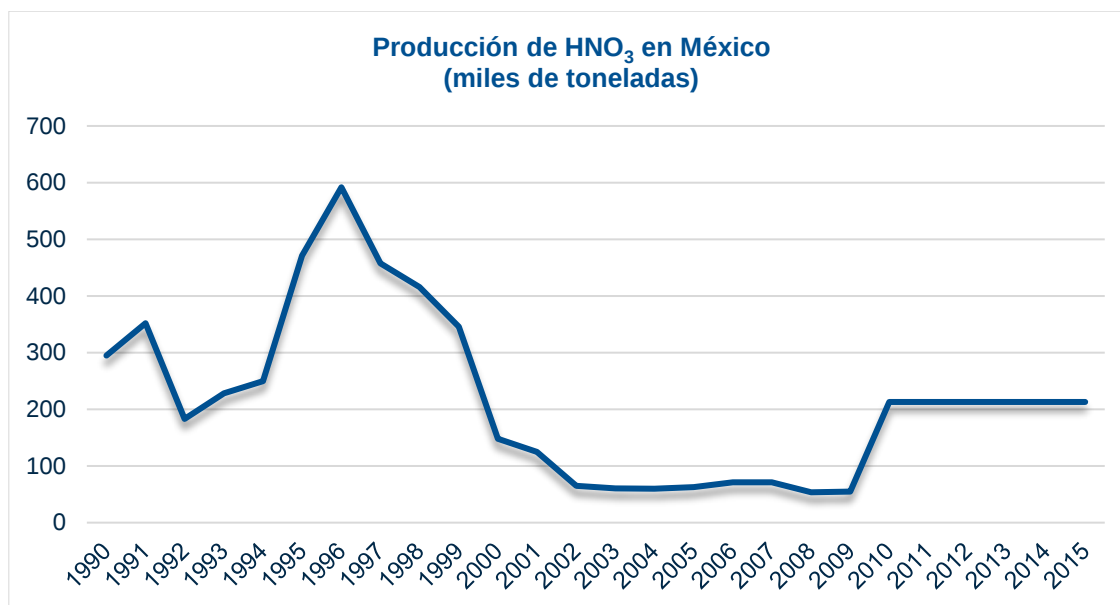


Ilustración 4. Producción de ácido nítrico en México

Fuente: Elaboración de South Pole con base en el Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (SEMARNAT-INECC, 2018)

Con base en la última información reportada en el Registro Nacional de Emisiones (RENE), complementada con la información reportada en el registro del MDL, se estima que la capacidad instalada de producción de ácido nítrico nacional sea de aproximadamente 450,000 tHNO₃ y que las cuatro plantas operan en su conjunto a un 65% de su capacidad.

En el periodo 2003-2018 las importaciones de ácido nítrico a México han sido constantes, mayores a las exportaciones. En 2016, las importaciones alcanzaron su máximo nivel con 14,243.25 t HNO₃ que representaron el 5.5 % de la producción nacional.⁷ En 2018, disminuyeron hasta en un 60 % con 8,494.38 tHNO₃, siendo éstas solo el 3.3% de la producción en el país. Se estima que la mayor parte del ácido nítrico que se importa, produce, o transforma en el país se destina al consumo nacional. Estados Unidos figura como el principal socio comercial del país, seguido de Alemania y Canadá en la importación, y Colombia en la exportación.

Con base en la información recopilada con la participación de los productores, se espera que al 2030 haya un incremento aproximado del 5% en la producción de ácido nítrico. Este incremento dependerá de las condiciones de la planta, niveles de producción actual y disponibilidad de materia prima⁸.

3.1 Plantas de ácido nítrico en México

En la actualidad, se han identificado siete plantas de producción de ácido nítrico en México, de las cuales únicamente cuatro están en operación, mismas que se detallan en los siguientes apartados.

⁷ Estimación de South Pole asumiendo que la producción anual se mantenga constante en 213 mil toneladas anuales.

⁸ Este valor se obtuvo tomando como referencia la respuesta de uno de los productores de ácido nítrico en el país.

De esas cuatro plantas, tres son elegibles para participar en el esquema de subvenciones de NACAG y una para las subastas de NACAP. Dos de las plantas elegibles para las subvenciones de NACAG son productoras de ácido nítrico, mientras que una lo produce de manera secundaria como resultado de la producción de caprolactama.

Si las tres empresas elegibles instalaran la tecnología de abatimiento con el apoyo de NACAG, se alcanzaría una reducción de emisiones de 500,000 tCO₂e. NACAG contribuiría con el 6.5% de la contribución no condicionada de las metas de reducción de emisiones del sector industrial al año 2030. La Tabla 7 muestra los potenciales de mitigación de cada una de las plantas en operación en México.

3.1.1 Austin Bacis

Austin Bacis S.A. de C.V. es una empresa conjunta entre Austin Powder México y Bacis Group. Austin Powder comenzó a operar en junio de 1997 cuando compró los activos de explosivos de DuPont en México y en 2003, Austin Powder International adquiere el 100 % de las acciones de su filial en México. Austin Bacis S.A. de C.V., por otra parte, es una empresa fabricante de explosivos que ofrece diversos tipos de producto para las industrias de minería y construcción. La planta de ácido nítrico ubicada en la localidad de Dinamita, Durango es una planta que opera a mono-presión y cuyo funcionamiento comenzó en 1958 con una capacidad de producción de 55 toneladas de HNO₃ por día. Actualmente opera con una capacidad de 62 toneladas de ácido nítrico por día; dicha variación se debe a mejoras llevadas a cabo en el proceso, por ejemplo, suministro de aire y sistemas de enfriamiento.

Proyecto MDL

El proyecto fue registrado ante la CMNUCC el 25 de enero de 2013. Su objetivo era la instalación de un catalizador secundario dentro del reactor para la descomposición de óxido nitroso a su formación. El proyecto también contemplaba la instalación de un sistema de monitoreo en línea para medir las emisiones en el gas de chimenea durante cada campaña del proyecto. Con la instalación del catalizador, se esperaba una reducción de aproximadamente un 80-90 %.

Las estimaciones iniciales indicaban un potencial de reducción de aproximadamente 40,281 tCO₂e al año; es decir 402,810 tCO₂e en total durante el periodo crediticio de 10 años. A la fecha del registro del proyecto se estimaron 39,475 CER por año, cada uno con un valor de 4.75 USD y una inversión inicial para el catalizador de 72,340 USD.

A pesar del registro de su proyecto en el MDL, Austin Bacis no pudo llevar a cabo la implementación del proyecto y tampoco cuenta con estudios de factibilidad para instalar una tecnología de abatimiento. Esto permite entender por qué, como se indica en el sitio web del MDL, este proyecto no cuenta con solicitudes para la emisión de CER ni existen registros de que se hayan entregado reportes de monitoreo de emisiones.

3.1.2 Fertinal – Agroindustrias del Balsas S.A. de C.V.

El complejo industrial perteneciente a Agroindustrias del Balsas, S.A. de C.V. para la producción de ácido nítrico se ubica en Lázaro Cárdenas, Michoacán y es considerado como uno de los más grandes en América Latina. Esta planta comenzó sus operaciones en 1987 como una compañía paraestatal denominada FERTIMEX que, posterior a su privatización en 1992, cambió de nombre a Fertinal. Además del complejo en el estado de Michoacán, Grupo Fertinal cuenta con una mina de roca fosfática en Baja California Sur. En 2016, Petróleos Mexicanos (PEMEX) a través de su empresa productiva subsidiaria PEMEX Fertilizantes, adquirió a Grupo Fertinal.

Entre sus principales productos se encuentran los fertilizantes fosfatados y los productos químicos nitrogenados e intermedios. La capacidad de producción de la planta de ácido nítrico del complejo en Lázaro Cárdenas es de 224,940 toneladas métricas al año (TMA) y es considerada una planta de presión dual. En 2017, las emisiones de óxido nitroso reportadas al Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) fueron de 1090.66 toneladas.

PEMEX Fertilizantes cuenta con una cadena de valor integrada para la producción de fertilizantes: ProAgro, con una planta para la producción de urea; Fertinal como productor de ácido nítrico; y Cosoleacaque, Veracruz para la producción de amoníaco.

Tecnología de abatimiento

El 11 de marzo de 2010, Fertinal instaló un catalizador secundario dentro del quemador de amoníaco para mitigar las emisiones de óxido nitroso dentro del reactor, con una eficiencia de remoción esperada de 85-90 %. Dicho catalizador fue proporcionado por la empresa BASF que, una vez concluida la vida útil del catalizador, lo recupera y lo refina, recicla o desecha de acuerdo con los estándares vigentes y cumpliendo con los estándares de sostenibilidad.

Para el monitoreo de las emisiones de óxido nitroso, la empresa instaló un Sistema de Monitoreo Automático (AMS, por sus siglas en inglés) en la pila, que consiste en un analizador de gas infrarrojo y un medidor de flujo de gas.

Proyecto MDL

El proyecto MDL fue registrado el 17 de octubre del 2009 y consideró un periodo crediticio de siete años, renovables. El primer periodo comprendió del 17 de octubre de 2009 al 16 de octubre de 2016 y el segundo se extiende del 17 de octubre del 2016 al 16 de octubre de 2023. La primera campaña⁹ de proyecto con el catalizador secundario instalado comenzó el 12 de marzo del 2010; es decir, el catalizador fue instalado como resultado de la implementación del proyecto.

Se estimó que la reducción de emisiones de GEI durante los siete años de vida del proyecto sería de 2,694,421 tCO₂e. Como resultado de este proyecto, a la fecha se han emitido 1,105,967 CER; sin embargo, esta cantidad fue menor a la estimada en el registro del proyecto. De acuerdo con el reporte de monitoreo, dicha variación se debe principalmente a los problemas de operación del AMS y a que el valor máximo monitoreado durante la campaña se utilizó para reemplazar los datos del AMS durante los periodos de inactividad de la planta y al término de la vida útil del catalizador secundario en la undécima campaña. Actualmente, la tecnología de abatimiento continúa operando y los créditos generados siguen siendo comercializados.

3.1.3 Soluciones Químicas para el Campo y la Industria

Soluciones Químicas para el Campo y la Industria se ubica en Minatitlán, México y es un proveedor de productos como solución de nitrato de amonio, ácido nítrico al 55 % y nitrato de amonio industrial de baja densidad. Se estima que cuenta con una capacidad de producción de 108,000 toneladas de ácido nítrico al año.

No se cuenta con información sobre el uso de una tecnología de abatimiento en esta planta de producción.

3.1.4 Univex

Univex es una compañía productora y comercializadora de fertilizantes nitrogenados como sulfato de amonio, sulfato de amonio estándar, sulfato de amonio granulado, entre otros. Es una empresa líder en el suministro de caprolactama ubicada en Salamanca, Guanajuato, México.

Iniició sus operaciones en 1972 con una capacidad de producción de 42,000 toneladas métricas por año de caprolactama, con la tecnología HSO de la firma alemana DSM. Actualmente, ha logrado completar la expansión de la capacidad de producción a 85,000 toneladas por año con tecnología propia.

No se cuenta con información sobre el uso de una tecnología de abatimiento en su planta de producción.

⁹ Según la metodología AM0034, se denominan campañas a los periodos de tiempo que comienzan desde la instalación de un nuevo paquete de gasas hasta el cierre de la planta posterior.

Tabla 7. Resumen de las plantas de ácido nítrico en México

Planta	Capacidad productiva (tHNO ₃ /año)	Tecnología de abatimiento actual	Registro MDL	Factor de emisión (kgN ₂ O/tHNO ₃)	Potencial de reducción de emisiones de GEI (tCO ₂ /año) ¹⁰	Aplicable para NACAG ¹¹	Contribución potencial a las metas incondicionales de la CDN ¹²
Austin Bacis	22,630	Ninguna	25 ene. 2013 al 24 ene. 2023 (fijo)	9.0	53,000	Subvenciones	0.68%
Fertinal	225,000	Secundaria	17 oct. 2016 al 16 oct. 2023 (renovable)	7.5	402,000	Subasta	5.12%
Soluciones Químicas para el Campo y la Industria	108,000	Ninguna	No	9.0	255,000	Subvenciones	3.25%
Univex	85,000 ¹³	Ninguna	No	9.0	201,000	Subvenciones	2.56%

¹⁰ Para las plantas de Austin Bacis, Soluciones Químicas para el Campo y Univex se asume una eficiencia de destrucción del óxido nitroso del 95%.

¹¹ Asumiendo que México firme los compromisos post-2024 con el programa NACAG. Ver sección 3.2.2.

¹² Potencial contribución a las metas no condicionadas del CDN de México, respecto del sector industrial.

¹³ El valor de la capacidad instalada de UNIVEX incluye aquella destinada a la producción de caprolactama.

3.2 Programas de financiamiento de NACAG

3.2.1 Opciones de financiamiento

El programa NACAG contempla dos mecanismos de financiamiento que se detallan a continuación.

Programa de subvenciones

La iniciativa NACAG ofrece financiamiento para la instalación de tecnologías de abatimiento, que incluye no solo el costo de la tecnología y de los equipos de monitoreo, sino también otros costos relacionados como pequeñas obras de modificación de la planta, costos de implementación de un sistema MRV y costos de personal para las labores de monitoreo y mantenimiento durante un periodo máximo de dos años.

La disponibilidad de este financiamiento está, sin embargo, **sujeto a la condición de que los países adheridos a la iniciativa aseguren la definición e implementación de políticas apropiadas a partir del 2024, de manera que las actividades de abatimiento financiadas continúen su actividad de manera prolongada, más allá de la existencia de la iniciativa NACAG.**

Este compromiso se formalizará a través de una declaración de compromiso por parte del gobierno receptor (Statement of Undertaking, SoU). En esa declaración el gobierno se compromete a garantizar que, a partir de enero de 2024, todas las instalaciones de producción de ácido nítrico ubicadas en el país estarán equipadas con tecnología de punta para eliminar las emisiones de óxido nitroso de sus ciclos de producción.

Las tecnologías elegibles son el uso de catalizadores secundarios en el reactor de oxidación y de descomposición y/o reducción catalítica directa, o de tratamiento terciario. Sin embargo, la tecnología NSCR no es una tecnología compatible con esta iniciativa dado sus altos costos de operación y su incertidumbre en cuanto al proceso de reducción del óxido nitroso.

Cabe resaltar que no son compatibles con este programa las plantas que han registrado un proyecto de reducción de emisiones bajo el MDL o el VCS y que hayan publicado al menos un reporte de verificación de reducción de emisiones. Otro criterio fundamental es que únicamente las instalaciones con fines civiles podrán recibir apoyo por parte de la iniciativa NACAG, excluyendo aquellas orientadas a la fabricación de armas con fines bélicos.

Programa de subastas

El Banco Mundial creó el programa de subastas de carbono para estimular la inversión en proyectos que reduzcan las emisiones de GEI, maximicen el impacto de fondos públicos y atraigan financiamiento del sector privado.

El esquema de subasta premia las ofertas más bajas, garantizando un precio mínimo para sus bonos de carbono en forma de opciones de venta transables. Los desarrolladores de proyectos y comercializadores tienen la flexibilidad de ejercer las opciones de venta, es decir, vender sus futuras reducciones de emisiones al programa o vender sus bonos de carbono en el mercado en caso de que los precios del mercado sean mejores que el precio pactado en la subasta. También existe la opción de transar las opciones de venta a otros interesados.

A diferencia de los acuerdos de compra de reducción de emisiones, en este esquema de subasta los proyectos de mitigación no se conocen al momento de la oferta; además, los potenciales postores deben cumplir con ciertos requerimientos de integridad para poder participar de la subasta.

El programa tiene dos actividades:

- Proyecto Piloto de Subasta (PAF, por sus siglas en inglés)
- Programa de Subasta de Ácido Nítrico (NACAP, por sus siglas en inglés)

A continuación, se encuentra una explicación de ambas.

Proyecto Piloto de Subasta (PAF)

Este mecanismo está financiado por diferentes donantes. Los recursos de los donantes estarán disponibles una vez que la reducción de emisiones se haya verificado (esquema de pago por resultados) y las opciones de venta estarán incorporadas en bonos de opción de venta (*puttable bonds*), emitidos por el Banco Mundial.

Hasta el momento se han realizado tres subastas, las dos primeras enfocadas en la reducción de emisiones de metano y la última en la reducción de emisiones de óxido nítrico. No se ha definido si se realizará una nueva subasta del PAF. La Tabla 8 presenta un resumen de las tres subastas.

Tabla 8. Resumen de las subastas pasadas del PAF

Subasta	Proyectos	Fecha	Precio (USD/t CO ₂ e)	Reducción total de emisiones
1	Abatimiento de metano en proyectos registrados en MDL	Julio 2015	2.1	8.7 Mt CO ₂ e (12 ganadores)
2	Abatimiento de metano en proyectos registrados en MDL y VCS	Mayo 2016	3.50	5.7 Mt CO ₂ e (9 ganadores)
3	Abatimiento de N ₂ O	Enero 2017	2.1	6.2 Mt CO ₂ e (5 ganadores)

Programa de subasta de ácido nítrico (NACAP)

Implementado en colaboración con NACAG, el programa apoyará precios garantizados para plantas elegibles de producción de ácido nítrico con proyectos de abatimiento existentes o nuevos.

NACAP tiene planeado hacer una subasta inversa en el 2020 para ofrecer opciones de venta a empresas privadas. El dueño de las opciones de venta tiene el derecho, pero no la obligación, de vender los créditos de carbono a NACAP en el futuro.

El precio de inicio de la subasta estará entre 8 y 15 USD por tonelada de CO₂e (Banco Mundial, 2019). El precio inicial de los créditos se definirá en el 2019. Los ganadores de la subasta deberán pagar una opción Premium de 0.06 USD por crédito de carbono al inicio, para ejercer la opción de venta. Los participantes también tendrán que pagar un depósito reembolsable unitario de 0.06 USD antes de la subasta. Las opciones de venta serán estructuradas y entregadas en forma de un bono del Banco Mundial. Los bonos garantizarán el derecho a venta de la reducción de emisiones generadas a partir del 1 de enero y con fecha máxima de emisión de certificados del 31 de agosto de 2022.

Criterios de elegibilidad de los créditos de carbono al momento de redimirlos

- **Elegibilidad del país:** determinado por el programa NACAG, quien brindará apoyo con la condición de que el país donde esté ubicada la planta haya firmado los compromisos descritos en el SoU
- **Metodología:** los créditos de carbono elegibles son los CER o Unidades Verificadas de Carbono (VCU, por sus siglas en inglés) del Estándar Verificado de Carbono (VCS, por sus siglas en inglés), provenientes de proyectos o programas que usan metodologías relacionadas con el abatimiento de óxido nítrico de la producción de ácido nítrico (no de ácido adípico).
- **Periodo de generación:** los créditos de carbono resultantes de reducción de emisiones generados a partir de 1 de enero de 2018 son elegibles, y deberán tener una fecha de emisión (*issuance date*) no más allá del 31 de diciembre del 2024.

- **Ambiente, salud, seguridad e integridad:** para ser elegibles, los créditos de carbono tendrán que ser de proyectos de MDL o VCS que hayan sido aprobados por una entidad operacional designada en términos de ambiente, salud, seguridad e integridad.

Para la siguiente subasta en el 2020, South Pole espera un precio mayor que en las últimas subastas por el menor número de instalaciones elegibles.

3.2.2 Elegibilidad de las plantas de México

Como se mencionó en la sección 3.1, en México hay tres plantas elegibles para el programa de subvenciones de NACAG, de las cuales dos corresponden al subsector de ácido nítrico y una al de caprolactama. Si se busca la participación de las empresas elegibles en NACAG para alcanzar el potencial de mitigación estimado (500,000 tCO₂e), será necesario integrar ambos subsectores en las políticas como seguimiento a los compromisos de NACAG.

Fertinal

La planta no es compatible con el programa de subvenciones, dado que el proyecto de abatimiento fue registrado en el MDL y se hizo un reporte de monitoreo. Sin embargo, la reducción de emisiones del periodo 2018-2021 dentro del segundo periodo crediticio del proyecto sería elegible para las subastas de NACAP.

Soluciones Químicas para el Campo

La planta es elegible para la iniciativa NACAG, tanto para el programa de subvenciones de la GIZ como para el programa de subastas del Banco Mundial. Es importante destacar que los dos programas de financiamiento no son compatibles y que la participación en el Programa de Subvenciones elimina toda posibilidad de participar en el programa de subastas y viceversa.

Austin Bacis

La planta es elegible para la iniciativa NACAG, tanto para el programa de subvenciones de la GIZ como para el programa de subastas del Banco Mundial. A pesar de ser una empresa dedicada a la producción de explosivos, estos tienen usos civiles; es decir, principalmente para la minería y la construcción. Es importante destacar que los dos programas de financiamiento no son compatibles y que la participación en el Programa de Subvenciones elimina toda posibilidad de participar en el programa de subastas y viceversa.

Univex

Considerando que Univex produce ácido nítrico como un subproducto resultado de la producción de caprolactama, la planta es elegible para la iniciativa NACAG, tanto para el programa de subvenciones de la GIZ como para el programa de subastas del Banco Mundial. Es importante destacar que los dos programas de financiamiento no son compatibles y que la participación en el Programa de Subvenciones elimina toda posibilidad de participar en el programa de subastas y viceversa.

4 Políticas nacionales e internacionales relacionadas con el abatimiento de emisiones de GEI en el sector del ácido nítrico

Este capítulo presenta el estatus quo de las principales políticas nacionales e internacionales relacionadas con el control y reducción de las emisiones de GEI, así como el marco jurídico aplicable. Estas políticas son la base para el diseño de potenciales incentivos para el abatimiento de emisiones en el sector del ácido nítrico, mismos que se identifican en este White Paper (Capítulo 5).

4.1 Políticas internacionales de cambio climático

Protocolo de Kioto

En 1997 los países parte de la CMNUCC, aprobaron el Protocolo de Kioto, instrumento que se configuraba como el primer paso para la estabilización de las emisiones de GEI en la atmósfera. El Protocolo planteaba la introducción de objetivos vinculantes para reducir las emisiones de GEI por parte de los países Anexo B (países desarrollados), mientras que, por otro lado, no imponía ningún objetivo vinculante para reducir las emisiones por parte de los países en desarrollo.

El Protocolo prevé la posibilidad de alcanzar los niveles de reducción de emisiones en cumplimiento del objetivo principal, mediante el uso de los denominados mecanismos de flexibilidad, diseñados para facilitar el logro de los objetivos acordados, de manera que estos no representaran una carga financiera excesiva para las Partes.

Este instrumento contemplaba la implementación de tres mecanismos de flexibilidad: el Comercio de Emisiones al Nivel Internacional, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y el Mecanismo de Aplicación Conjunta (JI, por sus siglas en inglés). Estos dos últimos son mecanismos basados en proyectos, dado que las reducciones de emisiones son el resultado de la inversión para la implementación de proyectos de carácter ambiental.

A raíz de las negociaciones de Kioto y después de varias simulaciones propuestas y dirigidas por el sector corporativo, en 2005 la Unión Europea implementó el mecanismo de Comercio de Emisiones del Protocolo de Kioto a nivel supranacional. Este mercado doméstico de carbono fue seguido por otros esquemas subnacionales en América del Norte (por ejemplo, California y Columbia Británica) en años subsecuentes. Posteriormente, Japón estableció su sistema de Transacción de Emisiones, generando compromisos internos para la reducción de estas.

El mecanismo flexible relevante para México es el MDL, al ser un mecanismo que permite el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo, de manera que estos generen CER, cada uno equivalente a una tonelada de CO₂e y puedan ser intercambiados, comercializados y utilizados por los países Anexo I para el cumplimiento de sus objetivos de reducción de emisiones bajo las directrices del Protocolo de Kioto.

Por la crisis económica europea y una sobreoferta de créditos de carbono debido a la menor demanda, fruto de la baja producción de la industria, los precios empezaron a caer en el 2011 y colapsaron hacia finales del 2012. Actualmente, tienen un valor promedio de 0.2 USD por certificado, lo que no representa un incentivo económico suficiente para desarrollar nuevos proyectos de reducción de emisiones y en muchos casos, no alcanzan a cubrir los costos de transacción (por ejemplo, verificación y emisión de certificados) de los existentes. Al momento de la elaboración de este reporte, el MDL ha generado una amplia base con más de 200 metodologías y herramientas para el cálculo de reducción de emisiones de proyectos y la evaluación de aspectos claves como la adicionalidad, las cuales también se pueden usar bajo otros estándares como el VCS y el Gold Standard.

El primer periodo del Protocolo culminó en el 2012 y se aprobó un segundo periodo de cumplimiento del 2013 al 2020; sin embargo, no contó con el apoyo de todos los países que formaban parte y quedaron excluidos de este segundo periodo de compromisos, países relevantes como Estados Unidos, Rusia, Canadá, Japón y Nueva Zelanda. El segundo periodo del Protocolo no ha entrado en vigor y se aplica de manera provisional para aquellos países que han depositado sus instrumentos de aceptación. Para su entrada en vigor se requiere la aceptación formal de 144 países, de los cuales 127 países han depositado dicho instrumento.

Acuerdo de París

Este instrumento internacional fue adoptado por las 196 partes de la CMNUCC durante la COP21 en 2015, con el objetivo de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de dos centígrados, respecto a los niveles preindustriales. Dicho acuerdo, busca el establecimiento de metas ambiciosas y progresivas de mitigación y adaptación; reconoce el liderazgo de los países desarrollados en la lucha contra el cambio climático y conmina a los países en desarrollo a emprender, en la medida de lo posible, esfuerzos para alcanzar sus metas climáticas. Contempla, además, alcanzar la neutralidad de emisiones a mediados del siglo XXI y busca incrementar la movilización de financiamiento climático.

Artículo 6 del Acuerdo de París

El Artículo 6 de este Acuerdo, reconoce la implementación de instrumentos de mercado para cumplir con la meta global de temperatura. Establece las disposiciones para facilitar la transferencia de reducciones de emisiones de GEI a nivel internacional; mediante este mecanismo busca fomentar la cooperación entre las partes para participar en mercados de carbono mayores, disminuir sus emisiones a un bajo costo, incentivar acciones más allá del ámbito nacional e incrementar la ambición en sus compromisos.

Particularmente, el párrafo 6.2 establece que cuando participen voluntariamente en enfoques cooperativos que entrañen el uso de resultados de mitigación de transferencia internacional para cumplir con las CDN, las Partes deberán promover el desarrollo sostenible y garantizar la integridad ambiental y la transparencia, también en la gobernanza, y aplicar una contabilidad robusta que asegure, entre otras cosas, la ausencia de doble contabilidad, de conformidad con las orientaciones que haya impartido la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Acuerdo.

Adicionalmente, en el párrafo 6.4 se establece un mecanismo para contribuir a la mitigación de las emisiones de GEI y apoyar el desarrollo sostenible, que funcionará bajo la autoridad y la orientación de la Conferencia de las Partes del Acuerdo y podrá ser utilizado por los países Parte a título voluntario. El mecanismo será supervisado por un órgano designado por la Conferencia de las Partes y tendrá por objeto:

- Promover la mitigación de las emisiones de GEI, fomentando al mismo tiempo el desarrollo sostenible.
- Incentivar y facilitar la participación, en la mitigación de las emisiones de GEI, de las entidades públicas y privadas que cuenten con autorización de las Partes.
- Contribuir a la reducción de los niveles de emisión en los países que se beneficiarán de actividades de mitigación por las que se generarán reducciones de las emisiones que podrá utilizar también otra Parte para cumplir con su contribución nacionalmente determinada.
- Producir una mitigación global de las emisiones mundiales.

Finalmente, en el párrafo 6.8 se establece que las Partes reconocen la importancia de disponer de enfoques no relacionados con el mercado que sean integrados, holísticos y equilibrados, y que ayuden a implementar sus contribuciones determinadas a nivel nacional, en el contexto del desarrollo sostenible y de la erradicación de la pobreza y de manera coordinada y eficaz, entre otras cosas, mediante la mitigación, la adaptación, la financiación, la transferencia de tecnología y el fomento de la capacidad, según proceda.

Aunque las reglas para la implementación del Artículo 6 aún se encuentran en discusión como parte del Programa de Trabajo del Acuerdo de París (PAWP, por sus siglas en inglés), se anticipa que estos enfoques tendrán por objeto:

- Promover la ambición relativa a la mitigación y la adaptación.
- Aumentar la participación de los sectores público y privado en la aplicación de las contribuciones determinadas a nivel nacional.
- Ofrecer oportunidades para la coordinación de los instrumentos y los arreglos institucionales pertinentes.

Este Acuerdo abre puertas para que los países busquen diferentes alternativas con cooperación de otros países, para reducir las emisiones de GEI. Específicamente, el Artículo 6 puede verse como una oportunidad para reducir las emisiones de óxido nitroso, ya que pueden existir países

interesados en realizar actividades de mitigación. Sin embargo, en el caso de las reducciones de emisiones logradas como resultado de NACAG, deberán permanecer en el país y contribuir exclusivamente a las metas nacionales.

4.2 Planes, Políticas y Estrategias de cambio climático en México

Para cumplir con los compromisos de reducción de emisiones de GEI, México cuenta con un robusto marco jurídico, institucional y de política pública que incluye la Ley General de Cambio Climático (LGCC), la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) 10-20-40, el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) y la CDN. Esta última contempla metas nacionales de reducción de emisiones de GEI, así como acciones para la adaptación al cambio climático.

Desde su adhesión a la CMNUCC en 1994, México ha presentado seis comunicaciones nacionales; adicionalmente, fue el primer país en desarrollo en presentar su CDN ante dicho organismo y el primer país en América Latina en contar con una legislación climática, reafirmando así su liderazgo en la región.

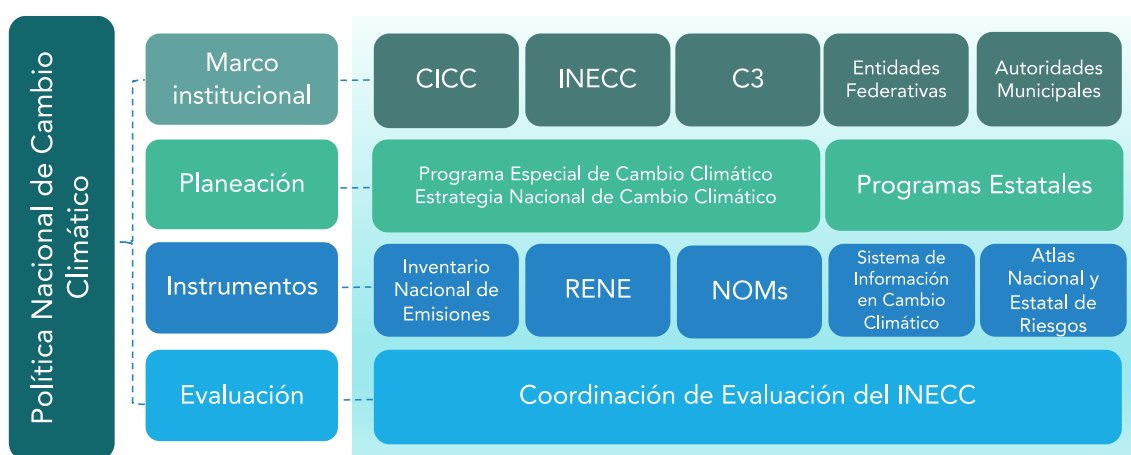


Ilustración 5. Política Nacional de Cambio Climático en México

Fuente: Elaboración de South Pole basado en la LGCC (DOF, 2018).

4.2.1 Arreglos Institucionales

La Ley General de Cambio Climático crea diversos grupos de coordinación y seguimiento de la política climática en México que integran un andamiaje institucional sólido compuesto por tres grandes grupos:

- **Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC):** instaurado en 2014, encargado de la coordinación efectiva de los tres órdenes de gobierno y la concertación entre los sectores público, privado y social de la política climática en el país. Promueve su aplicación y coordinación transversal a nivel federal, estatal y municipal, así como la vinculación y congruencia de los programas y acciones de los tres órdenes de gobierno. Reúne a todos los miembros de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y la Coordinación de Evaluación, el Consejo de Cambio Climático (C3), treinta y dos gobiernos locales, las asociaciones municipales y el Congreso de la Unión.
- **Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC):** de carácter permanente, es la instancia de coordinación y formulación de la política climática nacional. Se integra por las catorce Secretarías de Estado: Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Comunicaciones y Transportes; Economía; Energía; Hacienda y Crédito Público; Relaciones Exteriores; Salud; Gobernación; Recursos Naturales y Medio Ambiente; Marina; Educación Pública; Desarrollo Social; Desarrollo Agrario Territorial y Urbano, y Turismo.
- **Consejo de Cambio Climático (C3):** es un órgano de consulta permanente con el objetivo de asesorar y emitir recomendaciones para la Comisión, así como promover la vinculación

con la sociedad civil. Está conformado por quince miembros de carácter honorífico, representantes de los sectores social, privado y académico, con experiencia y méritos en el ámbito de cambio climático.

4.2.2 Instrumentos de política

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (PND)

Es el instrumento guía del gobierno en curso para la definición de las políticas públicas. Su estrategia y líneas de acción se definen de acuerdo con las prioridades nacionales de desarrollo equitativo, incluyente, integral, sustentable y sostenible en el corto plazo. Debe actualizarse cada seis años y contiene metas nacionales para el desarrollo humano, la igualdad sustantiva entre mujeres y hombres, la protección de los recursos naturales, la salud, la educación, la participación política y la seguridad nacional. Los programas sectoriales que de este se deriven deberán alinearse con las prioridades de la política nacional de planeación.

El PND 2019-2024 actual no contempla medidas para la disminución de GEI o el combate al cambio climático. Sin embargo, indica el posible desarrollo de programas para agricultura sustentable entre los cuales destaca el Programa Nacional de Fertilizantes cuyo fin es la entrega de fertilizantes donde estos no dañen los suelos y sean en beneficio de productores agrícolas. Además, el PND prevé la reactivación de una planta de fertilizantes nitrogenados ubicada en Coatzacoalcos, Veracruz.

Son relevantes para la industria del ácido nítrico en México los planes para la reactivación de las plantas de producción de fertilizantes para apoyar a productores agrícolas, como parte del objetivo para la distribución de fertilizantes químicos y biológicos. De acuerdo con los Lineamientos del Programa de Fertilizantes (DOF, 2019), este contempla brindar apoyos a pequeños productores en zonas marginadas para cultivos prioritarios de maíz, frijol y arroz. Para el ejercicio 2019, se considera otorgar hasta 450 kg de fertilizante por hectárea sin rebasar 3 hectáreas por productor sólo para el Estado de Guerrero¹⁴. En el Estado de México, por ejemplo, se utilizan en promedio 26 kg de fertilizante nitrogenado por tonelada de maíz, sin embargo, de acuerdo con Orozco-Hernández, *et. al.* (2014) en 2010 se utilizaron 73 kg/ha de maíz. Tomando como referencia los valores indicados anteriormente, el apoyo otorgado por el Programa de Fertilizantes significaría un aumento en el uso de estos de hasta seis veces más, sólo para los cultivos de maíz.

Los programas contemplados en el PND 2019-2024 de México encaminados a la reactivación del campo como el Programa de Fertilizantes y que sean implementados simultáneamente con NACAG, propiciarían la generación de productos con una menor intensidad de carbono. Debido a la escala del programa, este podría generar un impacto positivo importante, tanto para la producción de ácido nítrico como de fertilizantes.

Programa Especial de Cambio Climático (PECC)

Es el instrumento de planeación de política climática congruente con los objetivos del PND sobre el fortalecimiento de la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono.¹⁵ Establece las acciones y proyectos para la instrumentación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) durante el periodo sexenal del gobierno federal.

Contiene metas sexenales de mitigación y adaptación, dando prioridad a aquellas relacionadas con: la generación de energía, quema y venteo de gas, transporte, agricultura, bosques y uso de suelo, la reducción de la vulnerabilidad de la población y sectores productivos, incremento en la resiliencia de infraestructura estratégica a los efectos del cambio climático, así como el manejo sustentable de los ecosistemas y sus servicios ambientales.¹⁶

¹⁴ Artículos 7 y 8 de los Lineamientos de Operación del Programa de Fertilizantes para el ejercicio fiscal 2019.

¹⁵ Objetivo 4.4 y Estrategia 4.4.3 del Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018.

¹⁶ Art. 67 de la LGCC

Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC)

La Estrategia Nacional es el instrumento rector de la política nacional a mediano y largo plazo para enfrentar el cambio climático y transitar hacia la descarbonización de la economía.¹⁷ Su elaboración corresponde a la SEMARNAT y cuenta con la participación del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la opinión del C3 y es aprobada por la CICC.

Los escenarios, proyecciones, objetivos y metas se deben revisar y actualizar por lo menos cada diez años en cuanto a mitigación y seis años en materia de adaptación. Atendiendo al principio de progresividad enmarcado en la LGCC, ninguna actualización o revisión podrá promover una reducción de las metas planteadas anteriormente.

Entre los principales elementos de la ENCC se encuentra el desarrollo de escenarios climáticos fijados en un horizonte de 10-20-40 años; el diagnóstico de las emisiones en el país y acciones en sectores de mayor potencial de reducción con beneficios ambientales, sociales y económicos, así como acciones y metas de adaptación y mitigación diferenciadas por sector y fuente de emisiones, teniendo como meta el año 2050.

La ENCC incluye metas y estrategias relevantes para la industria como “reducir la intensidad energética mediante esquemas de eficiencia y consumo responsable” y el “impulso de tecnologías de alta eficiencia energética, sustitución de combustibles, rediseño de procesos industriales y tecnologías de captura de emisiones de CO₂, en las industrias con alta intensidad energética como la cementera, siderúrgica, petrolera, química y petroquímica” (SEMARNAT, 2013). Cabe destacar que la actualización de la ENCC se encuentra en proceso de elaboración.

Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN)

El 30 de marzo del 2015, México presentó su CDN ante la CMNUCC. El país se comprometió a reducir de manera no condicionada el 22 % de las emisiones de GEI y el 51 % de las emisiones de carbono negro al año 2030 con respecto al escenario tendencial (*Business As Usual*). Incluye además un componente de adaptación y una meta de reducción de otros compuestos como el carbono negro. La CDN abarca los sectores de transporte, generación de electricidad; residencial y comercial; petróleo y gas; industria; agricultura y ganadería; residuos y uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS).

						Emisiones de GEI (MtCO ₂ e)
						Meta al 2030
						No condicionada
Línea base						
	2013	2020	2025	2030		2030
Transporte	174	214	237	266		218
Generación de electricidad	127	143	181	202		139
Residencial y comercial	26	27	27	28		23
Petróleo y gas	80	123	132	137		118
Industria	115	125	144	165		157
Agricultura y ganadería	80	88	90	93		86
Residuos	31	40	45	49		35
SUBTOTAL	633	760	856	941		776
USCUSS ¹	32	32	32	32		-14
EMISIONES TOTALES²	665	792	888	973		762
						-22%

NOTAS:

¹ USCUSS: Usos del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura.

² La suma de los valores de los sectores puede no coincidir con el total por efectos del redondeo.

Ilustración 6. Escenario tendencial y metas de reducción no condicionadas del NCD en México (2020-2030)

Fuente: Extraído de Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030 (Gobierno de la República, 2015).

¹⁷ Artículo 60 de la LGCC.

La CDN de México, contiene además una meta condicionada de reducción de emisiones GEI del 36% y de 70% de carbono negro al año 2030, sujeto a la adopción de un acuerdo climático global, cooperación técnica, acceso a recursos financieros de bajo costo y a la transferencia de tecnología.

De acuerdo con la LGCC, el compromiso de reducción de emisiones del Gobierno de México implica alcanzar un máximo de las emisiones nacionales al 2026 y desacoplar las emisiones de GEI del crecimiento económico, reduciendo la intensidad de emisiones por unidad de Producto Interno Bruto (PIB) en 40% aproximadamente, entre el 2013 y el 2030 (DOF, 2018).

La reducción del 22% de las emisiones de GEI contemplada tanto en la LGCC como en la CDN implica la consecución de las siguientes metas sectoriales: generación eléctrica 31%; residuos 28%; transporte 18%; residencial y comercial 18%; petróleo y gas 14%; agricultura y ganadería 8% e industria 5%.¹⁸

Para el cumplimiento de dichas metas, el INECC realizó un análisis sobre el costo agregado de la implementación de **treinta medidas sectoriales** relacionadas con su CDN, en los siguientes sectores:

- Transporte (Fuentes móviles).
- Eléctrico.
- Residencial y Comercial.
- Petróleo y Gas.
- Industrial.
- Agricultura y Ganadería.
- Residuos.
- Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS).

Dicho costo asciende a aproximadamente 126,000 MDD durante el periodo 2014-2030. Estiman que la mitigación por dicha inversión sería de 1,520 MtCO₂e, lo cual representaría un ahorro para el país de más de 17 MDD, comparado con un escenario tendencial al 2030 donde no se emprendiera ninguna acción para la reducción de GEI (INECC, 2018).

De acuerdo con el periodo de estudio de dicho análisis (2014-2030) el INECC indica que el costo medio de mitigación derivado del CDN de México, disminuyó a -22.7 USD/tCO₂ en 2030, comparado con los 55.6 USD/tCO₂ al inicio del periodo. Este análisis indica que el rango de costos de mitigación de los proyectos contemplados es muy amplio. Por ejemplo, entre las medidas de menor costo marginal se encuentran: “Actualizar la norma de emisiones y eficiencia energética para vehículos ligeros nuevos”; “Utilizar equipos ahorradores de agua para disminuir la demanda de energía para calentamiento de agua”; y “Sustituir combustóleo por gas natural”, tanto en el Sector Eléctrico como en el Industrial.

Por otro lado, aquellas que resultaron más costosas fueron “Sustituir combustibles pesados por gas natural en el Sistema Nacional de Refinación”, en el Sector Petróleo y Gas; “Participar en las metas de generación y auto abasto con energías limpias”, en Industria y; “Fomentar el manejo forestal sustentable e incremento de la productividad en bosques y selvas con vocación productiva y en terrenos con potencial para establecer plantaciones forestales comerciales”, en USCUS. Cabe destacar que dicho análisis no consideró el mercado de carbono como caso hipotético, mismo que podría elevar la factibilidad de las acciones de mitigación en diversos sectores.

A partir del 2020, los países deberán actualizar sus metas de reducción de emisiones contenidas en su CDN y a partir de ello en periodos de 5 años. La SEMARNAT, a través de la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental en coordinación con el INECC, serán los encargados de elaborar y coordinar el proceso de actualización del CDN. Una vez lista, se presentará ante la CICC para su aprobación y se publicará en el Diario Oficial de la Federación. La Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), en su calidad de punto focal de México ante la CMNUCC, enviará la actualización de la CDN para su inclusión en el registro de la Convención.

¹⁸ Artículo Segundo Transitorio de la LGCC.

Sistema de Información y Acciones para la Transparencia, componente Contribución Nacionalmente Determinada (SIAT-NDC)

Actualmente, la SEMARNAT está diseñando el Sistema de Información y Acciones para la Transparencia, componente Contribución Nacionalmente Determinada, mejor conocido como el SIAT-NDC. La creación de un sistema como el SIAT-NDC surge ante la necesidad de cuantificar el cumplimiento de México con su CDN y contar con los elementos necesarios para reportar su avance a la comunidad internacional.

El SIAT-NDC será un sistema de información en línea que integrará y permitirá monitorear acciones de mitigación, adaptación y financiamiento a dos niveles: subnacional y nacional. Además, permitirá conocer cuál es el nivel de avance de cada acción y cuál es la aportación de estas acciones al cumplimiento de la CDN. Es importante mencionar que la información recopilada de las acciones se integrará y almacenará en subsistemas desarrollados con base en estándares nacionales e internacionales de Medición, Reporte y Verificación (MRV) y de Monitoreo y Evaluación (M&E).

Uno de los subsistemas que se conectará con el SIAT-NDC será el RENE, el cual permite la inscripción de proyectos o actividades que tengan como resultado la mitigación o reducción de emisiones de GEI. Esto representa una gran oportunidad para las empresas que hayan llevado a cabo acciones voluntarias para destacar positivamente por su contribución a la CDN.

4.2.3 Marco jurídico

Los instrumentos normativos que se mencionan en los párrafos subsecuentes son aquellos que constituyen la base para el diseño de políticas de protección al ambiente y para la reducción de emisiones de GEI. Una explicación más detallada sobre la complementariedad de estos instrumentos respecto de los objetivos de NACAG, se encuentra en el Capítulo 5.

Ley General de Cambio Climático

La LGCC representa la base de la política climática del país y fija las metas de reducción de emisiones nacionales y sectoriales. México fue el primer país en desarrollo en contar con una legislación en la materia, convirtiéndose en un referente en la región de América Latina y el Caribe. Con esta, México asume una meta aspiracional del 30 % de reducción de emisiones de GEI al 2020, con respecto a la línea base y otra del 50 % al 2050, en relación con las emitidas en el 2000.

En 2018, se aprobó una reforma a la LGCC que incorpora las provisiones del Acuerdo de París a la legislación nacional, entre ellas, la meta de limitar el incremento en la temperatura promedio del planeta a menos de 2°C, con esfuerzos por limitarlo a 1.5°C. Asimismo se adopta la CDN de México como el instrumento que establece los objetivos y las metas nacionales en mitigación y adaptación asociadas al cumplimiento del Acuerdo.

La LGCC mandata la creación de la Política Nacional de Adaptación y el desarrollo de sistemas de alerta temprana para la reducción de la vulnerabilidad ante fenómenos climáticos extremos y crea, asimismo, un Sistema de Comercio de Emisiones (SCE) obligatorio de carácter progresivo para promover la reducción de emisiones al menor costo posible. El sistema iniciará con un programa de prueba con duración de 36 meses, de los cuales exclusivamente los primeros 24 meses se destinarán a la Fase Piloto o Programa de Prueba, y los 12 meses restantes serán de transición hacia la Fase Operativa, la cual entrará en vigor de manera formal a los 36 meses con duración indefinida.¹⁹ En la sección 4.3 se presenta más a fondo el SCE del país.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento

Es el instrumento rector para la protección del medio ambiente en México. Busca propiciar el desarrollo sostenible, garantizar el derecho humano a un medio ambiente sano y asegurar una

¹⁹ *Ibid.* Artículo 94.

calidad del aire satisfactoria en todos los asentamientos humanos y regiones del país. De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), las emisiones de contaminantes a la atmósfera provenientes de fuentes fijas, móviles, naturales o artificiales deben ser reducidas y controladas según sea el caso, asegurando el bienestar de la población y manteniendo el equilibrio ecológico.²⁰

La SEMARNAT expedirá autorización para la operación y funcionamiento de fuentes fijas de jurisdicción federal emisoras de gases, olores o partículas sólidas o líquidas. La industria química²¹ y sus subsectores específicos,²² son considerados como una fuente fija de jurisdicción federal. Por lo tanto, están obligados a emplear equipos y sistemas para el control de las emisiones a la atmósfera con el objetivo de no rebasar los niveles máximos permitidos, así como medir, monitorear y llevar a cabo un inventario de dichas emisiones contaminantes.²³

Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

La LGEEPA mandata la integración del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC),²⁴ en el que las personas físicas y morales responsables de fuentes contaminantes deberán proporcionar información desagregada por fuente y sustancia. El listado de sustancias sujetas a reporte de competencia federal y las cantidades mínimas, a partir de las cuales se deberán reportar, son determinadas por la Norma Oficial Mexicana (NOM) número NOM-165-SEMARNAT-2013.

Dicha NOM es de observancia obligatoria para los establecimientos sujetos a reporte, siempre que emitan o transfieran alguna de las 200 sustancias químicas enunciadas en la misma, en cantidades iguales o mayores a los umbrales correspondientes. En el caso específico del óxido nítrico, el umbral de reporte por la emisión o transferencia es de 100,000 kgN₂O/año.

De las empresas productoras de ácido nítrico en México, únicamente Agroindustrias del Balsas, S.A. de C.V. (mejor conocida como Fertinal) ha reportado emisiones de óxido nítrico al RETC. En 2017, sus emisiones reportadas fueron de 1,090.66 toneladas.²⁵ Por otra parte, Austin Bacis y Soluciones Químicas para el Campo y la Industria han reportado históricamente la transferencia de otros contaminantes excepto el óxido nítrico. Esto se debe a que sus emisiones son menores al umbral establecido por la NOM.

Registro Nacional de Emisiones

El Registro Nacional de Emisiones (RENE) es un instrumento de política pública y de observancia obligatoria derivado de la LGCC. Este contiene información agregada de las emisiones directas e indirectas provenientes de fuentes fijas y móviles sujetas a reporte. Es una de las principales herramientas asociadas a las emisiones de GEI de la industria. Para el caso de la industria química, los establecimientos sujetos a reporte son aquellos dedicados a la fabricación de:²⁶

- productos químicos básicos.
- resinas y hules sintéticos y de fibras químicas.
- fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos.
- productos farmacéuticos.
- pinturas, recubrimientos y adhesivos.
- jabones, limpiadores y preparaciones de tocador.

²⁰ Artículo 110 de la LGEEPA.

²¹ *Ibid.* Artículo 11 BIS.

²² Para el presente estudio, de acuerdo con el Artículo 17 BIS del reglamento de la LGEEPA, los subsectores específicos aplicables son: la fabricación de ácidos, bases y sales inorgánicas; fabricación de fertilizantes químicos (únicamente la producción mediante reacciones químicas o biológicas) y la fabricación de explosivos (excluyendo fuegos artificiales).

²³ Art. 17 del Reglamento de la LGEEPA.

²⁴ La organización, operación y lineamientos técnicos del registro se encuentran en el Reglamento de la LGEEPA en materia de RETC.

²⁵ Emisiones de óxido nítrico en el periodo 2004-2017. Hasta antes del 2008, el RETC no cuenta con información de las emisiones de óxido nítrico.

²⁶ Artículo 4 del Reglamento de la LGCC en materia del RENE.

- productos de plástico.
- productos de hule.

El umbral de reporte para aquellos sujetos obligados será mayor o igual a 25,000 tCO₂e. Este valor se obtiene de la suma de las emisiones directas e indirectas anuales de las fuentes fijas y móviles. Cuando las actividades a reportar se relacionen con o involucren la producción de ácido nítrico, las metodologías para el cálculo y estimación de dichas emisiones de GEI se basarán en el cálculo mediante factores de emisión. La información reportada en el registro deberá ser verificada cada tres años por un organismo acreditado y deberá emitir un dictamen de verificación.

El RENE permite el registro de proyectos o actividades de mitigación, siempre que estos se hayan realizado en el país y cuya finalidad sea reducción o absorción de emisiones de GEI; el manejo sustentable o conservación de los ecosistemas relacionados con los sumideros de carbono, y cualquier otra actividad enfocada al secuestro de carbono.²⁷

Dentro de las atribuciones de SEMARNAT se encuentra la expedición de certificados que acreditan la inscripción de proyectos o actividades y las reducciones registradas, dado que dichos proyectos o actividades de mitigación obtenga un Dictamen de Validación expedido por un organismo acreditado y aprobado para tal efecto que certifique los resultados del proyecto. Por otro lado, también se considerarán como certificaciones obtenidas aquellas reconocidas por organismos internacionales en materia de cambio climático, por organismos extranjeros de certificación de reducción de emisiones o aquellos aceptados en esquemas internacionales de carbono²⁸.

La información de dichos proyectos deberá incluir —además de la información general— las acciones de reducción, captura, o absorción de GEI implementadas, mitigación alcanzada y proyectada; la metodología para la estimación de las reducciones; así como las transacciones en el comercio de emisiones, ya sea nacional o internacional de reducciones o absorciones certificadas; el financiamiento obtenido y la fuente respectiva.²⁹

Cabe destacar que este registro voluntario aún no se encuentra en operación y se espera que comience a finales del 2019 o hasta el 2020.

4.3 Otras reglamentaciones relevantes

Impuesto a los combustibles fósiles

Desde el 2013, a raíz de la reforma fiscal se estableció un impuesto al carbono aplicable a la producción o comercialización de combustibles fósiles, que excluye al gas natural y fija un precio máximo a algunos combustibles con alto contenido de carbono. Este impuesto se fijó en USD 2.55 (MXN 48.87)³⁰ por tonelada de CO₂e y su recaudación se realiza de manera centralizada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

El impuesto se ajusta anualmente considerando la inflación. Las cuotas vigentes para los combustibles fósiles en 2019 se enuncian en la Tabla 9, a continuación.

Tabla 9. Impuesto a los combustibles fósiles en México 2019

Combustible	Cuota 2019 (\$MXN)
Propano	7.26 centavos por litro
Butano	9.40 centavos por litro
Gasolinas y gas avión	12.74 centavos por litro
Turbosina y otros kerosenos	15.22 centavos por litro

²⁷ *Ibid.* Artículo 26.

²⁸ *Ibid.* Artículo 29.

²⁹ *Ibid.* Artículo 27.

³⁰ Tipo de cambio al 12 de junio del 2019 de acuerdo con el [Banco de México](#).

Combustible	Cuota 2019 (\$MXN)
Diésel	15.46 centavos por litro
Combustóleo	16.50 centavos por litro
Coque de petróleo	19.15 pesos por tonelada
Coque de carbón	44.90 pesos por tonelada
Carbón mineral	33.81 pesos por tonelada
Otros combustibles fósiles	48.87 pesos por tonelada de carbono que contenga el combustible

De acuerdo con la SHCP, entre 2014 y 2016 la recaudación por impuesto al carbono en México fue de aproximadamente MXN 17,863.9 millones (SHCP, 2018). La Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS) contempla el pago de este impuesto mediante la entrega de bonos de carbono, siempre que estos provengan de proyectos desarrollados en México y se encuentren avalados por la CMNUCC.³¹

De acuerdo con las reglas para el pago opcional del IEPS a los combustibles fósiles mediante la entrega de los bonos de carbono, siempre que estos se hayan emitido a partir del 1 de enero de 2014 y que correspondan al segundo periodo de compromisos del Protocolo de Kioto.³²

Para el pago del IEPS a los combustibles fósiles, la SHCP tomará como valor de mercado de los bonos de carbono el que corresponda a la cotización de cierre de las Reducciones Certificadas de Emisiones (*Green Certified Emission Reductions*) del día inmediato anterior a aquél en que se realice el pago del IEPS. A la fecha de este estudio el precio por tonelada de CO₂ equivale a 0.26 EUR/tCO₂³³. Las empresas no han optado por esta opción debido a los precios bajos con los que se reconocen los bonos para el pago del impuesto.

Sistema de Comercio de Emisiones (SCE)

Como parte de su CDN, México considera el establecimiento de mecanismos de mercado a nivel nacional para incentivar la reducción de emisiones de GEI.

La reforma de 2018 de la LGCC mandata el establecimiento de un SCE obligatorio que iniciará con un programa de prueba con duración de 36 meses y que culmina después en una fase operativa. De acuerdo con el proyecto de las bases del Programa de Prueba del Sistema de Comercio de Emisiones sometido a consulta pública (CONAMER, 2019), los subsectores de sector industrial que participarán serán:

- Industria automotriz.
- Industria cementera y calera.
- Industria química.
- Industria de alimentos y bebidas.
- Industria del vidrio.
- Industria siderúrgica.
- Industria metalúrgica.
- Industria minera.
- Industria petroquímica.
- Industria de celulosa y papel.
- Otros subsectores industriales que generen emisiones directas provenientes de fuentes fijas.

De acuerdo con la versión que se encuentra en consulta pública actualmente, se prevé que el inicio del programa de prueba sea en enero del 2020. Éste tendrá una duración de 36 meses, de los cuales 24 meses serán para la implementación del Programa de Prueba y los 12 meses

³¹ Art. 5 de la LIEPS.

³² Regla Primera, numeral I de las Reglas de carácter general para el pago del IEPS a los combustibles fósiles mediante bonos de carbono.

³³ Consultado el 17 de abril en [European Energy Exchange \(EEX\)](#)

consecutivos para una Fase de Transición previa a la Fase Operativa del SCE que comenzará en 2023.

Dicha versión de las bases indica que los sectores regulados serán únicamente el energético e industrial, incluyendo como subsector de este último a la industria química. Dicho periodo de prueba será aplicable a las instalaciones cuyas emisiones anuales sean equivalentes a 100 mil tCO₂, en cualquiera de los años 2016, 2017, 2018 y 2019. En esta fase del Sistema de Comercio de Emisiones no se considerarán emisiones de otros gases y compuestos de efecto invernadero, aunque se encuentren en dicho umbral. La SEMARNAT asignará de manera gratuita derechos de emisión a cada entidad participante con base en las emisiones reportadas en el RENE durante el año en que se alcanzó el umbral, las metas establecidas en la CDN y en la LGCC.

Durante este programa de prueba del Sistema de Comercio de Emisiones, se contempla la expedición de créditos de compensación por proyectos o actividades de mitigación, siempre que estos hayan sido ejecutados en el territorio nacional, validados y verificados por un protocolo incluido en los listados publicados por la SEMARNAT, así como estar inscritos en el RENE.

Los participantes sólo podrán compensar hasta un 10% de sus obligaciones de entrega de derechos de emisión durante el Programa de Prueba con créditos de compensación. Los créditos de compensación expedidos por la Secretaría durante el programa de prueba, y que no hubieran sido cancelados durante este periodo seguirán teniendo validez en fases posteriores.

Incentivos fiscales a la importación de equipos anticontaminantes

En el caso de la importación de equipos para la reducción de emisiones contaminantes, la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación (LIGIE) exenta del pago del arancel a la importación a los equipos anticontaminantes y sus partes correspondientes³⁴ mediante la solicitud de un permiso previo a la importación. Se consideran equipos anticontaminantes aquellos destinados a la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera, equipos de monitoreo de emisiones, equipos de tratamiento de aguas residuales urbanas o industriales y aquellos diseñados para separación y tratamiento de residuos sólidos.

La industria química —en particular los productores de ácido nítrico— se beneficiarían de dicho incentivo, pues la exención de dichos aranceles se puede aplicar a la importación definitiva de los sistemas y equipos diversos para la reducción o el control de emisiones de contaminantes del aire, como los sistemas NSCR y SCR, así como los equipos de monitoreo de emisiones.³⁵ Cabe mencionar que el cumplimiento de las disposiciones mencionadas *supra*, en especial, el control de las emisiones de óxido nítrico por debajo de los umbrales establecidos, no está condicionado a la implementación de una tecnología específica.³⁶

A pesar de la existencia de este beneficio arancelario, según datos de la Secretaría de Economía (SE), desde el 2015 no se han registrado solicitudes como parte de este. A la fecha, solo se han expedido tres resoluciones favorables para la importación de dichos equipos: uno para la conversión de vehículos y dos más para el tratamiento y la filtración de aguas residuales (SE, 2015).

Fondo de Cambio Climático

La LGCC estableció la creación del Fondo de Cambio Climático³⁷ con el objetivo de canalizar recursos financieros, tanto públicos como privados provenientes de fuentes nacionales o internacionales en apoyo a la implementación de acciones para enfrentar el cambio climático. En este caso, las acciones de adaptación se consideran prioritarias.

Estos recursos se destinarán principalmente a:

- Acciones para la adaptación al cambio climático con un enfoque en grupos sociales ubicados en zonas altamente vulnerables.

³⁴ Clasificación arancelaria: 9806.00.02 "Equipos anticontaminantes y sus partes, cuando las empresas se ajusten a los lineamientos establecidos por las Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y de Economía".

³⁵ Artículo 3 del Acuerdo que establece los lineamientos para otorgar el permiso previo de importación de equipo anticontaminante y sus partes, sujetos a incentivo arancelario, bajo la fracción arancelaria 9806.00.02.

³⁶ Artículo 37 de la LGEEPA.

³⁷ Artículo 80 de la LGCC.

- Acciones de mitigación, como proyectos relacionados con eficiencia energética, desarrollo de energías renovables y bioenergéticos, y eliminación o aprovechamiento de emisiones fugitivas de metano y gas asociado a la explotación de los yacimientos minerales de carbón, así como de desarrollo de sistemas de transporte sustentable.
- Reforestación y deforestación evitada.
- Educación, sensibilización, concientización y difusión de información sobre el cambio climático.
- Estudios de factibilidad de proyectos de mitigación, adaptación y REDD.
- Proyectos de investigación, de innovación, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología.
- Compra de CER de proyectos inscritos en el RENE o cualquier otro aprobado por acuerdos internacionales suscritos por México.

El acceso a los recursos del Fondo será por medio de convocatorias anuales que publica la SEMARNAT. Las actividades sujetas para financiar serán definidas de acuerdo con el Programa Anual de Actividades del año en curso. A la fecha³⁸, el Fondo cuenta con MXN 103,346,130.53 y, de acuerdo con información de la SEMARNAT, se han emitido dos convocatorias. La última se declaró desierta por la disparidad en los proyectos concursantes y los montos requeridos.

³⁸ De acuerdo con el informe del tercer trimestre de 2018 del Fondo para el Cambio Climático, disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/431144/Informe_4o_trimestre_2018.pdf [Fecha de consulta: 20 Febrero 2019]

5 Catálogo de políticas relacionadas con la industria del ácido nítrico

Existen diversos instrumentos que los gobiernos utilizan para la implementación de políticas ambientales y contribuir así con los compromisos asumidos en acuerdos ambientales internacionales. Estos enfoques de política pueden dividirse en tres categorías generales:

- **Instrumentos de regulación o administrativos:** son también conocidas como medidas de comando y control. Pueden presentarse como prohibiciones, directivas, reglamentos, permisos, entre otros; son prescriptivos y dejan poco margen de acción a los sujetos a quienes les aplican.
- **Instrumentos económicos o de mercado:** son aquellos que otorgan a los productores o consumidores incentivos para cambiar su comportamiento hacia un uso responsable del capital natural. Se presentan en forma de impuestos, cargos, cuotas, permisos, subsidios, incentivos fiscales, entre otros.
- **Acuerdos voluntarios:** estas son medidas ambientales independientes de la regulación existente por parte de los gobiernos. Normalmente se llevan a cabo entre el sector privado y los gobiernos u otras instituciones internacionales; estos acuerdos pueden abarcar desde la implementación de sistemas de gestión ambiental, la publicación de reportes ambientales de manera voluntaria, hasta la transferencia de conocimiento entre pares.

En la legislación mexicana se contempla la implementación de incentivos para alcanzar las metas de reducción de emisiones a nivel nacional. La LGEEPA establece el marco general a nivel federal para los incentivos ambientales en tres rubros: de mercado, fiscales, y financieros³⁹ y la LGCC establece las acciones específicas a desarrollar y los sectores prioritarios que se beneficiarán de los diversos tipos de incentivos.

A continuación, se presentan los instrumentos específicos dentro de las tres categorías mencionadas anteriormente y relacionados directa o indirectamente con la industria del ácido nítrico. Estas opciones identificadas pueden ayudar a dar continuidad a la operación de la tecnología que se haya instalado con el apoyo de NACAG.

5.1 Instrumentos de regulación

Son también conocidos como mecanismos de comando y control. Estos pueden ser diseñados y establecidos de manera unilateral o participativa por parte de los gobiernos y diversos actores de la sociedad civil y el sector privado; sin embargo, pueden dejar poco margen de actuación a los sujetos obligados a cumplirlas. Buscan detonar un cambio en el comportamiento tanto de consumidores como productores, a través de reglas o estándares estrictos. Su implementación requiere un proceso legislativo para su aprobación e involucra una diversidad de actores gubernamentales para su ejecución.

Estos mecanismos, de ser diseñados correctamente e implementados con otros mecanismos (por ejemplo, voluntarios), pueden detonar la innovación en los sectores a los que se aplique y representar en un largo plazo un ahorro para la empresa.

La política nacional de cambio climático se instrumentará de manera gradual y promoviendo el fortalecimiento de capacidades nacionales. La LGCC indica que se priorizarán sectores de mayor potencial de reducción de emisiones hasta culminar con aquellos que representan los costos más elevados. En caso de que las políticas trasladen un costo al sector privado y que no existan fuentes de financiamiento suficientes y disponibles que puedan cubrir dichos costos, dichas políticas podrán instrumentarse en dos fases: de manera voluntaria y posteriormente el establecimiento de metas de reducción de emisiones específicas, considerando las contribuciones de los sectores a las emisiones de GEI del país.

³⁹ Artículo 22 de la LGEEPA.

Una regulación excesiva de un sector, donde sean sujetos a más de una regulación similar podría desincentivar la inversión e impactar en la competitividad de las empresas. Por ejemplo, la implementación de impuestos ambientales a nivel federal e impuestos por transferencia de contaminantes a nivel estatal que ya aplican a algunos productores de ácido nítrico. Aunque conceptualmente son distintos, ambas regulaciones persiguen un mismo objetivo y se aplican a los mismos sectores.

Las principales herramientas de regulación para controlar las emisiones de óxido nitroso en la producción de ácido nítrico pueden ser:

- Establecimiento de un estándar de emisión de óxido nitroso
- Vinculación de estándares de emisión con permisos de operación o multas

Francia y Dinamarca, son dos países que han implementado una regulación específica para reducir las emisiones de óxido nitroso a lo largo de la cadena de valor. Francia, por ejemplo, introdujo en 1993 una ley para limitar las emisiones provenientes de nuevas plantas de ácido nítrico, ácido adípico y ácido glioxílico a $7 \text{ kgN}_2\text{O/tHNO}_3$. Este límite se establecía individualmente para cada planta e incluía consideraciones sobre uso de la mejor tecnología disponible (AEAT, 1998).

La viabilidad de gravar los gases distintos al CO_2 depende en gran medida del correcto monitoreo o estimación de las emisiones, el número de eventos imponderables, la importancia de la regulación de las fuentes emisoras y la implementación de otras políticas o medidas complementarias. En el contexto mexicano, al ser pocos los sujetos regulados (actualmente cuatro plantas productoras) el monitoreo de ambas medidas sería relativamente sencillo. La instalación de una tecnología de abatimiento posiciona a las empresas en una ventaja competitiva frente a otras industrias que en sus procesos liberen óxido nitroso.

La definición de estándares de emisión utilizados en Francia podría ser aplicable, por ejemplo, a las plantas de producción de ácido nítrico en México. De implementarse una regulación de ese tipo y de acuerdo con los planes del Gobierno de México sobre la reactivación de la planta de fertilizantes ubicada en Coatzacoalcos, Veracruz esta quedaría incluida en este esquema siempre que el ácido nítrico para la producción de fertilizantes se realice en la misma planta. Dichos estándares son definidos de acuerdo con las características de la planta y el proceso de producción y toman en cuenta la tecnología instalada, incluyendo aquella que permita llevar a cabo procesos más eficientes y reducir emisiones en la producción. Sin embargo, dado el número reducido de empresas productoras de ácido nítrico en México, la generación de una norma para regular a únicamente cuatro empresas resultaría poco costo-efectivo, pues los costos administrativos serían altos.

Para el control de las emisiones de óxido nitroso, existen otras políticas que buscan la disminución de las emisiones en fases posteriores de la cadena de valor. Por ejemplo, Dinamarca, regula de manera estricta el uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura. Para los agricultores, las regulaciones incluyen diversas medidas, como regulaciones sobre la aplicación de los fertilizantes dependiendo del contenido de nitrógeno de la cosecha anterior y las técnicas que se pueden usar para esparcir el estiércol. El objetivo de esta regulación es optimizar la eficiencia del uso de nutrientes y reducir la transferencia de contaminantes al medio ambiente (EPA, 2017). Esta es una medida de implementación potencial dados los planes de reactivación de la industria de fertilizantes en México y los programas para apoyar a pequeños productores.

La reactivación del sector agrícola en México podría resultar en una mayor demanda de fertilizantes y por ende un aumento en las emisiones de óxido nitroso, no sólo por la aplicación de agroquímicos, sino también por un incremento en la producción nacional.

La Tabla 10 resume el análisis FODA correspondiente a los instrumentos de regulación.

Tabla 10. Análisis FODA sobre los instrumentos de regulación

Fortalezas	Oportunidades
• Establecimiento de objetivos claros. • Establecimiento de plazos específicos. • Definición de responsabilidades entre las partes. • Definición clara de consecuencias por el incumplimiento. • Mayor velocidad de implementación. • Más ambicioso.	• Construcción en conjunto con todas las partes involucradas. • Capacitación para el sector o parte regulada. • Seguimiento de la eficacia y eficiencia en la consecución de los resultados esperados. • En combinación con otros instrumentos, como mecanismos voluntarios, puede aumentar su efecto y reducir costos.
Debilidades	Amenazas
• Mayor tiempo para su diseño y desarrollo. • Sin incentivos tributarios o de financiamiento externo adicionales, se generan costos que pueden ser transferidos a usuarios finales del producto o servicio.	• Falta de apropiación de todas las partes. • Puede implicar mayores costos de desarrollo para instalaciones existentes sobre otras nuevas en fases tempranas de diseño. • Una regulación excesiva del sector puede desincentivar la inversión y la generación de empleos.

5.2 Instrumentos económicos o de mercado

Son instrumentos diseñados para lograr una movilización de capital privado y a su vez elevar la ambición de otros agentes económicos y cambiar su comportamiento. Para lograr el involucramiento del sector privado en la consecución de objetivos ambientales, el diseño de estos mecanismos debe contemplar un beneficio para ellos, el gobierno y la sociedad, además de garantizar el logro del fin último: la protección del medio ambiente.

Estos instrumentos pueden ser implementados en una manera sistemática, a lo largo de una economía o región, en diversos sectores económicos o incluso, en el medio ambiente directamente, por ejemplo, en el suelo o el agua. De acuerdo con la LGCC se consideran instrumentos económicos los mecanismos normativos y administrativos de carácter fiscal, financiero o de mercado que incentivan la realización de acciones de adaptación y mitigación.

El presente estudio analizará algunas opciones dentro de esta categoría: los incentivos financieros, incentivos fiscales y los mecanismos de precio al carbono.

a. Incentivos financieros

Los instrumentos financieros comprenden los créditos, las fianzas, los seguros de responsabilidad civil, los fondos, los fideicomisos cuyos objetivos se encuentran dirigidos a la mitigación y a adaptación, así como el financiamiento de programas, proyectos estudios e investigación científica y tecnológica o para el desarrollo y tecnologías de bajas emisiones de carbono. Estos son ejemplos de mecanismos financieros que, dependiendo del ámbito de aplicación, podrían lograr un cambio en el comportamiento de las empresas.

En algunos casos, los actores que ejecutan dichos mecanismos son, por ejemplo, el gobierno directamente al implementar esquemas de cofinanciamiento para proyectos ambientales, desarrollo de capacidades o transferencia tecnológica. Las líneas de crédito aplicadas a proyectos con un beneficio ambiental pueden ser utilizadas por el sector privado como mecanismos de financiamiento. Dependiendo de la entidad que otorgue dicho mecanismo, su ejecución puede o no estar condicionado a la verificación de su aplicación en proyectos con objetivos ambientales.

En caso de acceder a una línea de crédito, ésta puede implicar únicamente la transferencia de capital sin que ello se condicione a llevar un sistema de monitoreo efectivo. En el caso de NACAG, además de recibir el financiamiento para la instalación de la tecnología de abatimiento, los productores recibirán apoyo para el desarrollo de un sistema de monitoreo de emisiones a nivel de planta. El demostrar resultados positivos puede permitirles a las empresas a acceder a otros tipos de financiamiento para asegurar la continuidad de los objetivos de NACAG y escalar actividades de mitigación a otros procesos industriales que se lleven a cabo en sus plantas.

México cuenta con el Fondo de Cambio Climático, que como se menciona en la sección 4.3, tiene como objetivo proveer financiamiento a acciones de adaptación y mitigación al cambio climático, atendiendo actividades y sectores prioritarios del país. A la fecha de este estudio, la convocatoria vigente busca financiar proyectos de conservación y adaptación al cambio climático principalmente. Dicha convocatoria podría abrirse en años posteriores para apoyar a los productores de ácido nítrico.

Los productores podrían acceder a los recursos del Fondo para cubrir un porcentaje de los costos del proceso de auditoría. Ello permitiría a los productores cumplir con uno de los requisitos como parte de su participación tanto en el Programa de Prueba del SCE en México y en la Fase Operativa.

La posibilidad de acceder a recursos del Fondo para este fin es de gran relevancia para los productores, ya que NACAG no asume los costos relacionados con la fase operativa del proyecto.

La Tabla 11 resume el análisis FODA correspondiente a los incentivos financieros.

Tabla 11. Análisis FODA de incentivos financieros

Fortalezas	Oportunidades
• Certeza (del impacto positivo) en el modelo financiero previo a la implementación del proyecto. • Persistencia en el tiempo del proyecto (sustentabilidad financiera). • Reducción del riesgo de inversión, lo que aumenta las posibilidades de obtener financiamiento.	• Establecimiento de condiciones claras para acceder a dichos mecanismos (i.e. repagar el financiamiento en caso de no continuar con el proyecto). • Apalancar subsidios con otros incentivos fiscales o arancelarios. • Facilitación de acceso a otras fuentes de financiamiento.
Debilidades	Amenazas
• Los incentivos pueden variar en el mediano plazo dependiendo de las prioridades de la fuente de financiamiento. • El acceso al financiamiento puede estar condicionado a una decisión por parte de actores externos.	• Falta de continuidad del proyecto una vez realizada la inversión. • Abre la puerta a un uso poco eficiente o hasta inadecuado de recursos, si no se verifica su uso.

b. Incentivos fiscales

Los incentivos tributarios han sido utilizados como herramientas que promueven un objetivo económico en específico. Son tradicionalmente tratamientos tributarios preferenciales para determinados contribuyentes, cuyos beneficios proveen un incentivo claro y cuantificable para las empresas, y podrían permitir reducir los costos de inversión y operación.

Estos incentivos suelen presentarse en diversas fases de la cadena de valor de bienes o servicios y en forma de subsidios, beneficios tributarios, incentivos para la investigación y desarrollo, entre otros. Por lo general, vienen acompañados de una regulación específica y conllevan una serie de requisitos administrativos para ser utilizados.

En México, la LGEEPA contempla la existencia e implementación de beneficios fiscales para la protección del medio ambiente. Se refiere a aquellos beneficios fiscales que propicien el cumplimiento de los objetivos de la política ambiental, sin que estos tengan carácter recaudatorio; es decir, que no generen ingresos a la federación.

Se consideran prioritarias, para efectos del otorgamiento de los estímulos fiscales que se establezcan conforme a la Ley de Ingresos de la Federación, aquellas actividades encaminadas a la investigación científica y tecnológica; la incorporación de mecanismos, equipos y tecnologías cuyo objetivo sea evitar, reducir o controlar la contaminación o la degradación ambiental; la

introducción de medidas para fomentar la eficiencia energética y el uso eficiente de los recursos naturales, entre otros.⁴⁰

Sin embargo, por la naturaleza de estos incentivos, es necesaria la aprobación por parte de una autoridad nacional, tradicionalmente aquella encargada de la gestión de los recursos del país en el que se apliquen y para su aprobación se lleva a cabo un proceso legislativo. Aunque su aplicación puede surtir efectos inmediatos, su permanencia depende de factores políticos, económicos y sociales, que en muchas ocasiones han impactado su continuidad.

Como se mencionó en la sección 4.3, existen actualmente beneficios arancelarios para la importación de equipo anticontaminante bajo la modalidad de “permisos previos a la importación”. Este beneficio consiste en la exención arancelaria a la importación definitiva de los sistemas y equipos diversos para la reducción o el control de emisiones de contaminantes del aire, como los sistemas NSCR y SCR, así como los equipos de monitoreo de emisiones.

La implementación de este estímulo se encuentra a cargo de la Secretaría de Economía a través de la Dirección General de Comercio Exterior. Sin embargo, este es un mecanismo en desuso desde 2015 y no ha sido utilizado por ninguna empresa de la industria química. Utilizar este incentivo permitiría reducir los costos relacionados con la importación de la tecnología financiada por NACAG.

Algunos otros ejemplos de estímulos fiscales que podrían beneficiar a la industria del ácido nítrico son:

- Deducción de impuestos relacionados con las inversiones en la tecnología de abatimiento
- Exención o reducción de la renta sobre la venta de ácido nítrico y/o fertilizantes a base de ácido nítrico de plantas que reducen la emisión de óxido nitroso en su proceso productivo

Previo a la reforma fiscal en México en el 2013, la Ley del Impuesto sobre la Renta (ISR) contemplaba la deducción en un ejercicio fiscal de las inversiones de maquinaria y equipo para la generación de energía eléctrica de fuentes renovables; de adaptaciones a instalaciones que tengan por finalidad facilitar a las personas con capacidades diferentes, el acceso y uso de las mismas; así como inversiones en maquinaria y equipo para la conversión a consumo de gas natural y para prevenir y controlar la contaminación ambiental.

A partir de 2014, dicha disposición dejó de estar vigente, sin embargo, se conserva la deducción lineal al 100 % para las inversiones en maquinarias y equipos para la generación de energía mediante fuentes renovables o de sistemas de cogeneración de electricidad eficiente.⁴¹ A pesar de lo anterior, esta disposición no sería aplicable para la inversión inicial en los proyectos elegibles en México, toda vez que la tecnología adquirida a través de NACAG consistirá en una donación. De incorporarse nuevamente esta disposición en la legislación fiscal, los productores podrían utilizarla para la adquisición de los reemplazos de los catalizadores al final de la vida útil.

Otorgar un beneficio fiscal a la venta de ácido nítrico a manera de reducción o exención, podría incentivar la operación de la tecnología de abatimiento en las plantas de producción de ácido nítrico cuya actividad comercial final sea la venta como químico o como fertilizantes. El universo de aplicación nacional abarcaría únicamente las plantas productoras en México y el seguimiento resultaría más sencillo.

El beneficio a la venta de los productos finales representa un instrumento fiscal a largo plazo para cubrir (parcialmente) los costos de operación de la tecnología instalada, mientras que la deducción de impuestos relacionados con adquisición de tecnología (reemplazo de catalizadores) ayudaría a reducir la inversión. La desventaja principal es que en ambos casos su aprobación a nivel gubernamental se encuentra fuera de las competencias de SEMARNAT y que consistiría en una reducción de los ingresos tributarios comparado con el escenario de línea base.

En el diseño, aprobación e implementación de estos beneficios es importante considerar la posibilidad que éstos se interpreten como incentivos perversos, por ejemplo, en el caso de la reducción de impuestos a los fertilizantes. En este caso, dicho incentivo podría fomentar

⁴⁰ Artículo 93 Ley General de Cambio Climático.

⁴¹ Fracción XIII, Artículo 34 de la LISR.

indirectamente el uso de fertilizantes nitrogenados, siendo contrario a una de las medidas sugeridas para la reducción del óxido nitroso en cumplimiento de la CDN de México (por ejemplo, sustituir los fertilizantes sintéticos nitrogenados por biofertilizantes) (INECC, 2018).

La Tabla 12 resume el análisis FODA correspondiente a los incentivos fiscales.

Tabla 12. Análisis FODA de incentivos fiscales

Fortalezas	Oportunidades
- Estos incentivos pueden ser replicados en otros sectores. - El ahorro generado por dichos beneficios puede ser reinvertido.	- Diversidad de proveedores y de tecnología. - Se reducen tiempos de inversión. - Los beneficios obtenidos se extenderían a lo largo de la cadena de valor
Debilidades	Amenazas
- Difícil implementación en territorio nacional. - Su aprobación requiere un proceso legislativo. - Conllevan una carga administrativa.	- No son permanentes, pueden cambiar dependiendo de las prioridades nacionales. - Menor recaudación para el erario. - Pueden detonar prácticas desleales si no son diseñados correctamente.

c. Mecanismos de mercado

De acuerdo con la LGCC, son instrumentos de mercado las concesiones, autorizaciones, licencias y permisos que corresponden a volúmenes preestablecidos de emisiones, o bien, que incentiven la realización de acciones de reducción de emisiones proporcionando alternativas que mejoren la relación costo-eficiencia de estas.

Existen diferentes mecanismos para la fijación de un precio al carbono, por ejemplo, los impuestos por tonelada de carbono emitido o los sistemas de comercio de emisiones, donde se generan créditos transables por la reducción de emisiones. Alrededor de 101 países han considerado la implementación de mecanismos basados en mercado para el cumplimiento de su CDN. En 2019, 54 iniciativas de precio al carbono han sido implementadas en 71 jurisdicciones nacionales y subnacionales a nivel mundial. Estas iniciativas comprenden 8 GtCO₂e, que representan el 13.8 % de las emisiones globales de GEI (World Bank and Ecofys, 2018).

Entre las jurisdicciones que cuentan con un precio al carbono, Ucrania y Polonia tienen el menor valor por tonelada de CO₂ de 0.01 USD/tCO₂e y 0.07/tCO₂e respectivamente, comparado con Suecia con un precio al carbono de 127 USD/tCO₂e (World Bank, 2019). Aunque los precios al carbono no son comparables debido a que el alcance sectorial de los mismos varía entre las jurisdicciones, estos son un factor útil para comprender la diversidad de instrumentos implementados.

Como parte de este tipo de mecanismos, la inclusión del óxido nitroso como uno de los gases cubiertos por el SCE de México podría asegurar un incentivo para la continuidad de proyectos que formen parte de NACAG.

Como se mencionó en las secciones anteriores, las reglas para la implementación del Programa de Prueba del SCE se encuentran en proceso de consulta. El potencial SCE en México, contempla la inclusión de la industria química como parte de las entidades reguladas. Durante el Programa de Prueba del sistema (2020-2022) se considerarán únicamente las emisiones de CO₂ y posteriormente se evaluará la posibilidad de incluir las emisiones de óxido nitroso entre los gases cubiertos.

En otras jurisdicciones como la Unión Europea, California y la República de Corea, se incluyen otros gases de GEI en sus sistemas de comercio de emisiones como óxido nitroso, hidrofluorocarbonos y metano. Ello ha motivado a las empresas a implementar tecnologías de mitigación y así reducir el impacto de dicha regulación en sus operaciones. Al momento, las bases del Programa de Prueba del SCE de México no son definitivas; sin embargo, el texto actual indica que dicho periodo de prueba será aplicable a las instalaciones cuyas emisiones anuales sean mayores o equivalentes a 100,000 tCO₂ en cualquiera de los años 2016, 2017, 2018 y 2019.

Para el Programa de Prueba no se contempla la inclusión del óxido nitroso como uno de los gases cubiertos por el SCE, sin embargo, de considerarse en la Fase Operativa del sistema en México, posicionaría a las empresas de ácido nítrico en una ventaja competitiva al contar con una tecnología para el abatimiento de las emisiones y facilitar el cumplimiento de la legislación nacional. Esta se considera como un instrumento compatible con los objetivos de NACAG y cuya implementación se basa en un instrumento ya existente como parte de la política nacional de cambio climático en México.

Como parte del diseño del programa de prueba, las empresas productoras de ácido nítrico recibirán derechos de emisión por parte de SEMARNAT con base en sus emisiones históricas de CO₂, las metas de reducción sectoriales y la CDN. De incluirse el óxido nitroso entre los gases cubiertos durante la Fase Operativa del sistema, el número de derechos de emisión asignados –además de basarse en las emisiones históricas de las empresas– dependería de los parámetros de referencia o “*benchmarks*” que determine la SEMARNAT de manera sectorial y podría favorecer a las instalaciones más eficientes en cada sector.

De considerarse el óxido nitroso en el SCE de México, la instalación de una tecnología de abatimiento para la producción de ácido nítrico beneficiaría a los productores cuyas emisiones se ubiquen por encima del umbral (100,000 tCO₂), pues al ser más eficientes recibirán excedentes en sus derechos de asignación que podrían comercializar dentro del SCE. Aquellas empresas que se encuentren por debajo del umbral no recibirán derechos de asignación, pero tampoco deberán cumplir con las obligaciones del resto de los participantes del SCE.

En tanto se define la futura inclusión del óxido nitroso en el SCE de México y entra en vigor la Fase Operativa, NACAP favorecería a aquellas plantas elegibles al permitirles recibir un pago por actividades de mitigación de óxido nitroso, siempre que estas cuenten con las metodologías aprobadas por el programa. Es importante destacar que aquellas plantas que instalen una tecnología de abatimiento con apoyo de la iniciativa NACAG no podrían participar en las subastas de NACAP con los créditos de compensación que generen durante la vida del proyecto de mitigación. Esta restricción también está en línea con lo que se indica en el anteproyecto de regulación del SCE, el cual establece que aquellas emisiones cubiertas por el sistema no podrán generar créditos de compensación en otros esquemas internacionales con el fin de atender el principio de integridad ambiental del Sistema.

Como se menciona anteriormente, las reglas para la operación del sistema aún se encuentran en proceso de consulta y no será sino hasta el año 2022 que se comenzará a trabajar en la versión definitiva para la entrada en vigor de la Fase Operativa. Su diseño depende del desempeño del sistema durante la fase de Programa de Prueba.

Aunque se ha trabajado con algunas empresas de manera voluntaria para el fortalecimiento de capacidades y su participación en el SCE, el mecanismo por su naturaleza resulta ser complejo en algunos puntos. En caso de futuras modificaciones o ampliaciones al SCE en México, como, por ejemplo, la inclusión de otros gases de GEI en el SCE, el fortalecimiento de capacidades a nivel público y privado será crucial para la implementación del mecanismo.

Asegurar la continuidad de los talleres de capacitación, particularmente para los representantes del sector privado, asegura un mejor entendimiento sobre el funcionamiento del mecanismo y, por lo tanto, un mayor cumplimiento por parte de los sujetos obligados. En el Capítulo 6 se explican con más detalle las implicaciones del SCE respecto de los objetivos de NACAG.

La Tabla 13 resume el análisis FODA correspondiente a los instrumentos de mercado.

Tabla 13. Análisis FODA instrumentos de mercado

Fortalezas	Oportunidades
• Incentivo a proyectos de carbono nacionales. • Potencial incremento gradual del incentivo en el tiempo. • Mismas reglas para todos los participantes en el mecanismo o con algunas diferencias por sector. • Límites claros sobre las emisiones anuales permitidas. • Certidumbre sobre las emisiones generadas. • Transparencia en el proceso de asignación de cupos. • Uso de las reducciones obtenidas para las metas nacionales.	• Límites variables de emisión que permitan general el mayor impacto al menor costo posible. • Uso de instrumentos de control de precios (precio piso, techo, collares de precio). • Diseño de un sistema eficiente y transparente de subastas de cupos de emisión. • Estandarización de la contabilidad de emisiones, metodología, monitoreo, reporte y verificación de las emisiones. • Reinversión de recursos en proyectos de reducción.
Debilidades	Amenazas
• En el caso de un sistema de comercio de emisiones, no conocer el costo de reducción ya que sería regulado por la oferta y demanda. • Falta de capacidades a nivel nacional para generar reducciones de emisiones verificadas con apego a las mejores prácticas internacionales.	• Reglas demasiado complejas. • Costos de cumplimiento altos. • Incertidumbre sobre las reglas definitivas para la Fase Operativa.

5.3 Acuerdos voluntarios

Los instrumentos de carácter voluntario son aquellos implementados por los sectores productivos que, a través de acuerdos con el sector público o instituciones relevantes, elevan la protección del medio ambiente de manera adicional a aquella establecida en las normas o estándares.

Estos acuerdos tienen cuatro características principales (Panagiotis, 2001):

- son voluntarios; es decir, son opcionales y no conllevan sanciones por no formar parte y tienen flexibilidad para el cumplimiento de los objetivos.
- buscan una mejoría en el ambiente y sus áreas de interés son la contaminación del aire, del agua y/o del suelo, eficiencia energética, manejo de recursos y/o protección a la biodiversidad.
- en algunos casos, son de carácter formal y pueden presentarse como contratos, convenios o cartas de intención.
- tienen una multiplicidad de actores, incluyendo por ejemplo al sector privado, al gobierno, a organizaciones de la sociedad civil y a instituciones internacionales.

Aunque los acuerdos voluntarios no son coercitivos hacia las partes, también están relacionados con el marco regulatorio actual. En muchos países, las regulaciones ambientales se desarrollan a través de la cooperación entre el gobierno y las empresas. En Dinamarca, por ejemplo, la cooperación entre el gobierno y la industria a través de consultas o colaboración de investigación representa un componente crítico de la política ambiental. Otros países, como los Países Bajos, Japón, Reino Unido y Alemania siguen estrategias similares de cooperación en política ambiental (Wallace, 1995).

Los beneficios de los acuerdos voluntarios se traducen principalmente en un incremento en la visibilidad de la ambición y compromiso ambiental de las empresas. Sin embargo, el seguimiento de impactos positivos o negativos podría no ser monitoreado al no ser vinculantes, por lo que la comunicación de sus beneficios no siempre es completa. Estos acuerdos pueden resultar onerosos en la mayoría de los casos, pues se implementan con capital propio y no hay incentivos económicos para ello.

Como se mencionó en la sección 4.2.2, la SEMARNAT está diseñando el SIAT-NDC, el cual será un sistema de información en línea que integrará y permitirá monitorear acciones de mitigación,

adaptación y financiamiento a dos niveles, subnacional y nacional. El RENE es uno de los subsistemas clave que se vinculará al SIAT-NDC, registrando las emisiones de los Establecimientos Sujetos a Reporte y la información sobre los proyectos o actividades voluntarios que tengan como resultado la mitigación o reducción de emisiones de CyGEI. Esto, en línea con la definición de acuerdos voluntarios abordada en esta sección, representa una gran oportunidad para las empresas que hayan llevado a cabo acciones voluntarias de tener una mayor visibilidad sobre la contribución de los productores de ácido nítrico a las metas climáticas nacionales.

Por otro lado, México cuenta con el Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA). Este programa se encuentra en vigor desde 1992 y se orienta a las empresas cuya ubicación, actividades y alcances puedan impactar negativamente el ambiente o rebasar los límites establecidos de impacto ambiental. Consiste en la verificación, mediante la realización de auditorías ambientales, a empresas que realizan actividades de manufactura, transformación, comerciales y turísticas.

El PNAA tiene como finalidad garantizar el cumplimiento efectivo de la legislación, fomentar la eficiencia de los procesos productivos, así como mejorar el desempeño ambiental y la competitividad. El ingreso al programa es de carácter voluntario y cuenta con tres tipos de certificados: i) Industria Limpia; ii) calidad Ambiental y, iii) calidad Ambiental Turística.

El certificado Industria Limpia está dirigido a empresas de la industria química, farmacéutica, papelería, petroquímica básica, del plástico, refinación de petróleo, minera, textil y vidriera. A pesar de ser un mecanismo voluntario, a la fecha, 3,397 empresas se encuentran inscritas, de las cuales 1,201 cuentan con la certificación “Industria Limpia” (PROFEPA, 2012). Al momento, ninguna de las empresas productoras de ácido nítrico en México forma parte del PNAA⁴².

El proceso de auditoría ambiental para la obtención de dicho certificado verifica que la Empresa solicitante cumpla con las Leyes y Reglamentos Ambientales Federales y Locales y examina las siguientes materias: riesgo y gestión ambiental, agua, residuos, energía, emergencias ambientales, suelo y subsuelo, aire y ruido, recursos naturales, forestales y vida silvestre. Sin embargo, a pesar de su alto nivel de aceptación y adopción, este etiquetado y proceso de auditoría se refieren únicamente a la transferencia de contaminantes y no a las emisiones de GEI, por lo que no sería un incentivo pertinente para los productores de ácido nítrico y la reducción voluntaria de emisiones de GEI.

La Tabla 14 resume el análisis FODA correspondiente a los acuerdos voluntarios.

Tabla 14. Análisis FODA sobre acuerdos voluntarios

Fortalezas	Oportunidades
• Innovación: estimula creatividad e innovación afuera del poder público y su potencial burocracia. • Puede demostrar una voluntad positiva de empresas y mejorar su imagen pública. • Flexibilidad del esquema en comparación con regulación pública • Diseño democrático entre todas las partes involucradas – conciliando las necesidades de todos.	• Relevancia: da la oportunidad a los actores de encontrar las soluciones mas efectivas para ellos. • Costo-eficiente: el financiamiento público podría no ser necesario. • Reactividad: puede ser implementado rápidamente (en seis meses)

⁴² Los certificados emitidos a la fecha pueden consultarse en la siguiente liga: <https://www.gob.mx/profepa/acciones-y-programas/resultados-obtenidos>

Debilidades	Amenazas
• No legalmente vinculante. • Generalmente menos ambicioso en términos de sus objetivos en comparación con regulación pública. • Falta de financiamiento externo. • Falta de incentivos fuertes para desarrollar proyectos (no multas o costos adicionales).	• Sobredimensionamiento de impactos verdes • Comunicación selectiva (e.g. enfoque sobre los beneficios sin tomar en cuenta los impactos negativos). • Corrupción dentro del esquema (ej. manipulación de datos, etc.) por falta de rendimiento de cuentas y auditoría efectiva • Riesgo reputacional /de credibilidad en caso de escándalo (p.ej. una controversia sobre un actor del esquema demostrando alta contribución al cambio climático).

6 Hoja de ruta

El catálogo de posibles políticas relacionadas con la industria del ácido nítrico presentado en el Capítulo 5, representa alternativas que podrían ayudar a dar continuidad a los proyectos que se implementen con apoyo de la iniciativa NACAG en México.

Debido a la importancia estratégica actual de la industria de producción de ácido nítrico para los planes de crecimiento nacionales y el número de potenciales participantes, tanto los mecanismos de comando y control como aquellos que otorguen un beneficio fiscal, encuentran retos importantes para su implementación.

Para la aprobación de un nuevo instrumento regulatorio en México, es necesario comprobar que la regulación fue diseñada sobre bases económicas sólidas, así como demostrar posibles alternativas regulatorias que generen el máximo beneficio para la sociedad con el menor costo posible. En su diseño se debe demostrar que los impactos de ese instrumento regulatorio son de la dimensión adecuada para abordar el problema que se busca atender y apropiada para el número de sujetos regulados⁴³. En el caso de una regulación específica para los productores de ácido nítrico, sería complicado justificar los costos de su diseño con respecto al posible beneficio que se obtendría, pues el universo de implementación comprende únicamente cuatro empresas productoras de ácido nítrico.

Aunque el objetivo de reducción de emisiones de óxido nitroso es importante, sugerir una regulación aplicable a un grupo reducido de empresas no cumpliría con los requisitos mencionados anteriormente. En este caso, una regulación de las emisiones de óxido nitroso podría justificarse si se abarcan todas las fuentes de este gas de efecto invernadero dentro del SCE.

Por otro lado, sugerir la aprobación de estímulos fiscales se encuentra fuera de las competencias de la SEMARNAT. Además, la aprobación e implementación de estímulos fiscales se dificulta ante la política de reducción del gasto público del gobierno en curso⁴⁴. Por ello, además de los estímulos ya existentes para la importación de equipo anticontaminante, no se considera viable el diseño de nuevos instrumentos fiscales.

Producto del taller organizado por la SEMARNAT y NACAG como parte del desarrollo de este White Paper, en el que participaron productores de ácido nítrico, el INECC y la ANIQ, se han identificado importantes instrumentos que, en su conjunto, pueden servir como los mecanismos más costo-efectivos para coadyuvar a la continuación en la implementación de los proyectos que se construyan inicialmente con apoyo de la iniciativa NACAG. Los instrumentos seleccionados son el Registro Nacional de Emisiones (RENE), el Sistema de Comercio de Emisiones (SCE) y el SIAT-NDC.

Para analizar la aplicación de estos instrumentos se presentan tres escenarios:

- Escenario A: RENE en sinergia con el SIAT-NDC
- Escenario B: generación de créditos de compensación dentro del SCE
- Escenario C: ampliación del SCE, incluyendo al óxido nitroso como GEI regulado

En estos escenarios se considera que el apoyo de NACAG finaliza en el 2021. A partir de ese momento, los productores beneficiados por el programa comenzarán con la operación de la tecnología y monitoreo de las reducciones de emisiones de óxido nitroso.

Escenario A: RENE en sinergia con el SIAT-NDC

De conformidad con el artículo 9 del Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia del RENE, aquellas instalaciones que superen el umbral de 25,000 tCO₂e por las emisiones generadas por sus procesos y actividades, tendrán que cumplir con sus obligaciones en materia de reporte y verificación de sus emisiones a través de la Cédula de Operación Anual (COA). Además, de acuerdo con el artículo 10 del mismo reglamento, el RENE contará con una sección en la cual los interesados podrán inscribir proyectos o actividades que tengan como resultado la mitigación o reducción de emisiones.

Bajo este escenario, los productores de ácido nítrico que formen parte de la iniciativa NACAG, gracias a la instalación temprana de la tecnología de abatimiento podrían registrar sus proyectos

⁴³ Artículos 68 y 69 de la Ley General de Mejora Regulatoria.

⁴⁴ Proyecto de Decreto por el que se expide la Ley Federal de Austeridad Republicana.

de reducción de emisiones como voluntarios dentro del RENE, pudiendo reflejar su contribución a la consecución de los CDN de México dentro de la plataforma del SIAT-NDC.

Escenario B: generación de créditos de compensación dentro del SCE

Bajo este escenario, las reglas del SCE permanecerían sin cambios dejando al óxido nitroso como un gas de efecto invernadero excluido del SCE, lo que significaría que un proyecto de reducción de emisiones de este gas podría resultar en la generación de créditos de compensación. Los productores de ácido nítrico, cuyas instalaciones superen las 100,000 tCO₂ provenientes de fuentes fijas, serán participantes del sistema y únicamente recibirán derechos de emisión por sus emisiones directas de CO₂ (Ilustración 7).

Para que este segundo escenario sea posible, será necesario el desarrollo de un protocolo específico para el subsector de ácido nítrico que permita la generación de créditos de compensación desde la fase piloto y durante la entrada en vigor de la Fase Operativa del SCE. Otra opción para considerar sería el reconocimiento de aquellos protocolos ya existentes en otros esquemas de certificación de reducción de emisiones internacionales, como las metodologías ACM0019 *“Large-scale Consolidated Methodology N₂O abatement from nitric acid production”* Versión 03.0 del MDL y el protocolo del CAR relativo a las emisiones en la producción del ácido nítrico. Es importante mencionar que la generación de créditos de compensación, bajo este escenario, sería posible hasta la inclusión del óxido nitroso entre los gases cubiertos por el SCE (Escenario C).

Asimismo, se deberá tomar en cuenta el número de verificadores registrados en el país con experiencia suficiente para la certificación de emisiones dentro de este subsector, y, en su caso, establecer límites cuantitativos sobre el uso de las compensaciones. Actualmente, las reglas para la Fase de Prueba del SCE indican que los participantes sólo podrán compensar hasta un 10% de sus obligaciones de entrega de derechos de emisión durante dicha fase.

Para la inclusión de un protocolo para la generación de créditos de compensación para el ácido nítrico deberán evaluarse diversos factores como: el potencial de mitigación (6% con respecto de la meta no condicionada del sector industrial en México); la oferta y la demanda existente de créditos en el subsector del ácido nítrico; el marco legal aplicable a nivel nacional, así como los potenciales co-beneficios que de estos proyectos se deriven. Estos factores son comúnmente considerados en los esquemas de créditos de compensación (PMR/ICAP, 2016).

Dicho análisis deberá realizarse previo a la entrada en vigor de la fase piloto del SCE. Sin embargo, de concluirse el diseño o reconocimiento de los protocolos durante la ejecución de la Fase de Prueba, se estima que la participación de las empresas de ácido nítrico y caprolactama en el esquema de compensaciones del SCE será hasta el año 2022 (durante la Fase de Transición). Una vez que entren en vigor las reglas de la fase piloto del SCE y siempre que la tecnología de abatimiento se encuentre en operación, los productores de ácido nítrico podrán registrar sus actividades de mitigación para generar créditos de compensación gracias a la instalación de la tecnología de abatimiento.

Otro de los beneficios de este escenario, es que le permitiría a la SEMARNAT contar con datos certeros sobre la producción y las emisiones de las empresas de ácido nítrico y caprolactama participantes. El apoyo que NACAG brinda a las empresas elegibles para el monitoreo y reporte de sus reducciones de emisiones, les permitirá mejorar la calidad de reporte al RENE. Mientras no se incluya el óxido nitroso en el SCE, la posibilidad de generar créditos de compensación beneficiaría no solo a las empresas que recibieron el apoyo por parte de NACAG, sino también a aquellas que no fueron elegibles, como Fertinal. Sin embargo, en caso de que el óxido nitroso se incorporara entre los gases regulados del SCE, el esquema de compensaciones dejaría de ser vigente para este sector y las empresas de ácido nítrico y caprolactama deberían cumplir con las obligaciones del SCE.

Escenario C: ampliación del SCE

En este escenario se asume que la cobertura del SCE se ampliará incluyendo además al óxido nitroso entre los GEI cubiertos. De acuerdo con las reglas del SCE, la aprobación de la inclusión de éste y otros GEI, se realiza al concluir las evaluaciones anuales durante la fase del Programa de Prueba y de la Fase de Transición. El Comité Consultivo del Programa de Prueba podrá emitir recomendaciones específicas sobre el diseño, establecimiento e implementación del mismo, así como recomendar la incorporación de sectores, subsectores o industrias al SCE.

Como se puede observar en la Ilustración 8, antes de la entrada en vigor de la Fase Operativa del SCE, los productores habrán comenzado con la operación de la tecnología de abatimiento y reportarán sus emisiones en el año 2022, las cuales serán inferiores a las que hubieran reportado en ausencia de la tecnología de abatimiento. De incorporarse el óxido nítrico durante la Fase Operativa del SCE, será hasta el 2023 cuando los productores de ácido nítrico recibirán su asignación de derechos de emisión.

La asignación de derechos de emisión podría llevarse a cabo de tres formas distintas:

- con base en la información de sus emisiones del último año.
- según el promedio de sus emisiones históricas para un periodo determinado de años.
- con base en indicadores o “benchmarks” que permitan reconocer a las instalaciones más eficientes otorgándoles un mayor número de derechos de emisión y una menor cantidad a aquellas menos eficientes.

La asignación de derechos puede realizarse inicialmente utilizando información histórica de las emisiones de las empresas; sin embargo, gracias al apoyo de NACAG para el monitoreo, reporte y verificación de las mismas, el nivel de precisión de los datos recolectados será mayor y podría ayudar a la SEMARNAT al establecimiento de parámetros de eficiencia (“benchmarks”) de las instalaciones. Para estimar dichos parámetros de eficiencia, además de datos de emisiones, sería necesario recopilar información sobre los datos específicos de actividad por tipo de proceso industrial. Por ejemplo, para el caso de los productores de ácido nítrico, la información obtenida serviría para determinar cuántas toneladas de bióxido de carbono equivalente por cada tonelada de ácido nítrico producida emite cada instalación. Las plantas más eficientes podrían comercializar el excedente de los derechos de emisión asignados con otros sujetos obligados que superen el tope de emisiones que determine la SEMARNAT, lo que les significaría ingresos adicionales que se espera que permitan cubrir los costos de operación y mantenimiento de la tecnología de abatimiento instalada.

Además, a partir del año 2024, las empresas de ácido nítrico que se encuentren por debajo del umbral no recibirán derechos de emisión, pero estarán exentas de las obligaciones derivadas del SCE. La instalación de la tecnología de abatimiento representaría un incentivo para las empresas para mantenerse por debajo de dicho umbral. Por otro lado, los productores de ácido nítrico y otras industrias que emitan óxido nítrico y que superen el umbral establecido durante la Fase Operativa del SCE (100,000 tCO₂), deberán cumplir con sus obligaciones de monitoreo, reporte y verificación. Cuando esto suceda, las empresas productoras de ácido nítrico que hayan formado parte de la iniciativa NACAG estarán en condiciones de cumplir dichas obligaciones tras la instalación de tecnología para el monitoreo de óxido nítrico, sin que esto represente inversiones adicionales de recursos o de tiempo para los productores. Esto finalmente, significa una ventaja competitiva para los participantes que hayan llevado a cabo acciones tempranas.

En ambos escenarios, tanto para la incorporación de un esquema de compensaciones o para la inclusión del óxido nítrico en el SCE, es clave considerar el fortalecimiento de capacidades de los sujetos participantes, en este caso las empresas de ácido nítrico y caprolactama. Se sugiere el desarrollo de talleres y sesiones sectoriales de inducción y seguimiento para reforzar y ampliar el conocimiento de los representantes de estas empresas para mejorar su potencial desempeño dentro de mecanismos de mercado. Estas sesiones podrían llevarse a cabo previo a la entrada en vigor del Programa de Prueba, durante la Fase de Transición y previo al inicio de la Fase Operativa. En línea con el proceso de fortalecimiento de capacidades, es importante crear documentos de apoyo y recursos en línea que sean accesibles para todas las instalaciones de forma individual.

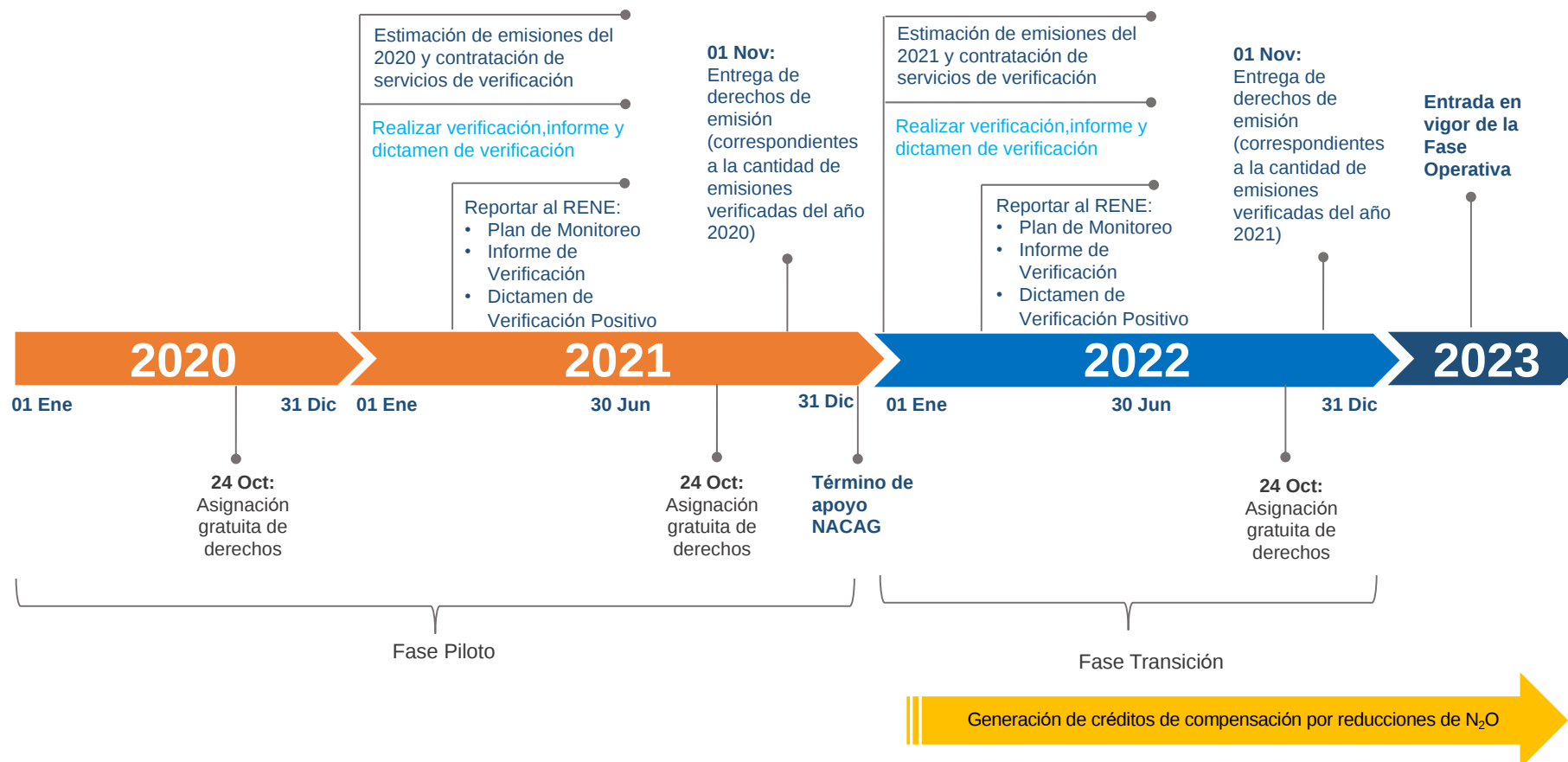


Ilustración 7: Calendario de implementación para el Escenario B.

Fuente: Elaboración propia.

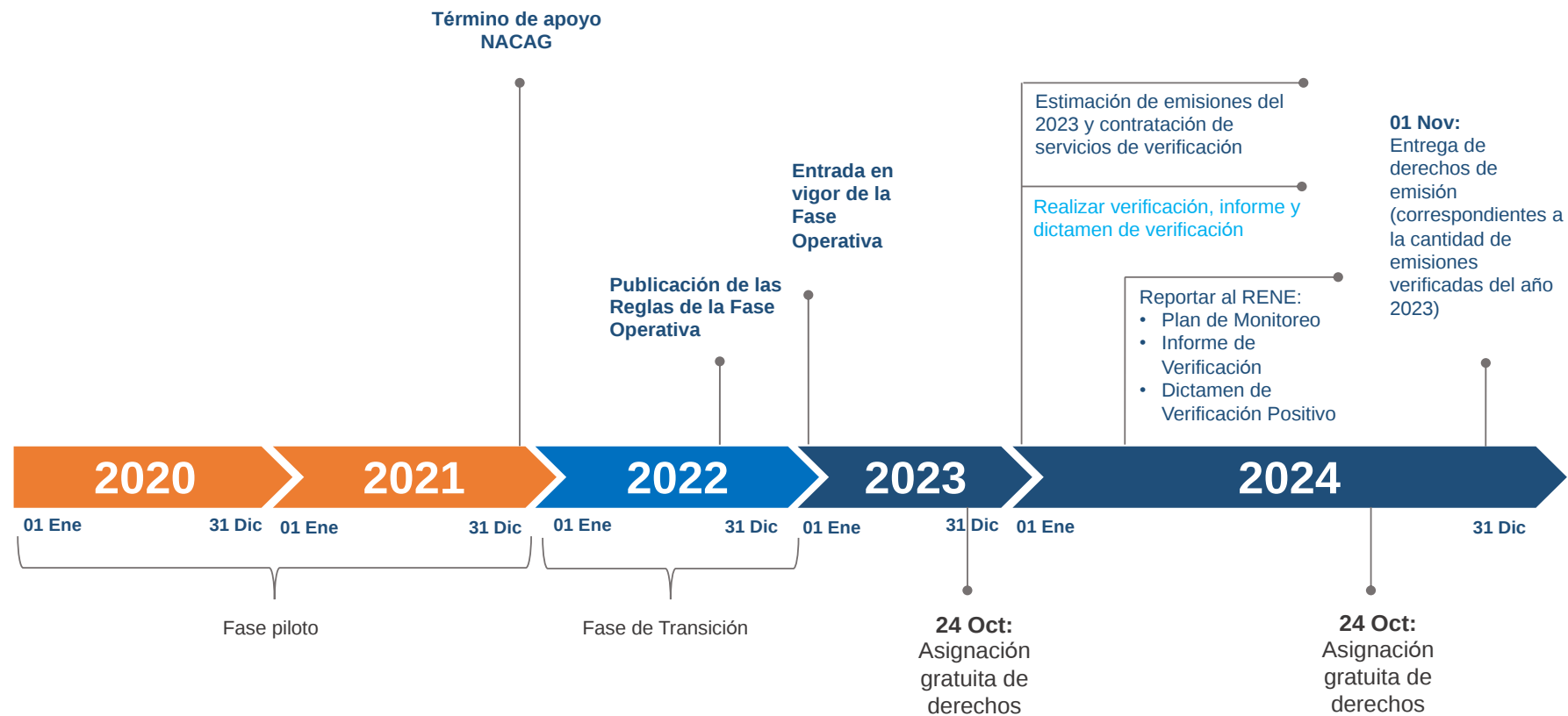


Ilustración 8: Calendario de implementación para el Escenario C

Fuente: Elaboración propia.

7 Conclusiones y recomendaciones finales

Las emisiones de óxido nítrico por la producción de ácido nítrico en México disminuyeron un 27.8 % entre 1990 y 2015. Sin embargo, existe aún oportunidad de mejorar el nivel de precisión de los datos del sector tanto a nivel de emisiones como de niveles de producción actuales. El potencial de mitigación de GEI, respecto de las plantas de producción elegibles para el programa de subvenciones de NACAG, se sitúa en 500,000 tCO₂e, incluyendo dentro de este potencial una planta de producción de caprolactama (Univex).

Para cumplir con los compromisos de reducción de emisiones de GEI, México cuenta con un robusto marco jurídico, institucional y de política pública; sin embargo, los instrumentos regulatorios o de política existentes en el país no se refieren directamente a la mitigación del óxido nítrico proveniente de la producción de ácido nítrico. A nivel mundial son pocos los instrumentos existentes que regulan las emisiones de dicho gas como resultado de este proceso industrial. Por ejemplo, Francia y Dinamarca han implementado estándares obligatorios de emisiones junto al Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea que incluye al óxido nítrico entre los GEI regulados.

Como parte de los instrumentos incluidos dentro del catálogo de políticas de este estudio, se analizaron instrumentos fiscales, de mercado, regulatorios y voluntarios.

México cuenta ya con instrumentos para incentivar la acción climática por parte del sector privado; sin embargo, estos podrían adecuarse a las acciones que el país está emprendiendo. La plataforma de seguimiento en la que la SEMARNAT está trabajando actualmente, el SIAT-NDC, será un sistema de información en línea que integrará y permitirá monitorear acciones de mitigación, adaptación y financiamiento a dos niveles: subnacional y nacional. Además, permitirá conocer cuál es el nivel de avance de cada acción y cuál es la aportación de estas acciones al cumplimiento de la CDN. Esta plataforma permitiría un monitoreo puntual del impacto alcanzado por iniciativas como NACAG.

Aunque se analizaron, se descarta el establecimiento de instrumentos fiscales o regulatorios por la complejidad y el alto nivel requerido de coordinación con otras dependencias de la administración pública federal para su implementación, lo que se traduce en altos costos administrativos.

Con base en un proceso de consulta con los productores de ácido nítrico, la ANIQ, la SEMARNAT y el INECC, evaluaron cada uno de estos tipos de instrumentos identificando sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Una vez concluido este ejercicio y tomando en consideración el número reducido de actores en el sector, se determinó que el RENE, el SCE y el SIAT-NDC eran los instrumentos más costo-efectivos para incentivar la mitigación de emisiones de óxido nítrico dentro del sector de ácido nítrico.

Tomando en cuenta los instrumentos seleccionados, se han propuesto tres posibles escenarios (rutas de acción) para consideración del sector: A) sinergia entre el RENE y el SIAT-NDC; B) generación de créditos de compensación dentro del SCE o; C) inclusión del óxido nítrico como GEI regulado dentro del SCE.

El escenario A representa para los productores de ácido nítrico la oportunidad de registrar las acciones voluntarias de mitigación de óxido nítrico como proyectos voluntarios dentro del RENE, teniendo visibilidad a través del SIAT-NDC.

En el escenario B se contempla la generación de créditos de compensación para el subsector de ácido nítrico cuya implementación comenzaría desde la Fase de Transición hasta que se incluya el óxido nítrico entre los gases cubiertos por el SCE.

Para la incorporación del óxido nítrico en el esquema de créditos de compensación del SCE deberá considerarse el potencial de mitigación del sector, la existencia de metodologías o la necesidad de crear otras nuevas; la oferta y la demanda de créditos, así como los posibles co-beneficios. En este escenario los productores de ácido nítrico y caprolactama podrían registrar sus proyectos para la generación de créditos de compensación, los cuales se espera que tengan un valor en el mercado para cubrir parcial o totalmente los costos de operación de la tecnología instalada.

Por ejemplo, como se mencionó en el Capítulo 2 los costos de abatimiento por cada tCO₂e podrían ir de 0.85 a 1.43 USD para la tecnología secundaria (descomposición catalítica); 0.45 a 0.95 USD para la tecnología terciaria de descomposición catalítica directa y; 4.56 a 4.74 USD para la tecnología terciaria NSCR, mientras que el impuesto al carbono actual, siendo el único instrumento de precio al carbono vigente en México se encuentra cercano a los 3 USD. En otras palabras, si el precio mínimo del crédito de compensación fuera de 3 USD, sería incentivo suficiente para cubrir los costos de inversión, operación y mantenimiento de la tecnología de abatimiento. Para los participantes de NACAG, el incentivo de los créditos de compensación sería aun mayor considerando que no debería realizar ninguna inversión inicial en tecnología.

Bajo el escenario C se considera la posible inclusión del óxido nitroso como uno de los GEI cubiertos por el SCE en etapas posteriores. En este escenario, será hasta el 2023 cuando los productores de ácido nítrico recibirán su asignación de derechos de emisión, y aquellas plantas que hayan instalado una tecnología de abatimiento, al ser las que generen menores emisiones de GEI por unidad de producción, contarían con un excedente que podrían comercializar en el mercado del SCE.

En este escenario, los productores de ácido nítrico y otras industrias que emitan óxido nitroso y que superen el umbral establecido durante la Fase Operativa del SCE, deberán cumplir con sus obligaciones de monitoreo, reporte y verificación. Cuando esto suceda, los productores que hayan formado parte de la iniciativa NACAG estarán en condiciones de cumplir dichas obligaciones tras la instalación de tecnología para el monitoreo de óxido nitroso, sin que esto represente inversiones adicionales de recursos o de tiempo para los productores.

La potencial implementación de cualquiera de los escenarios anteriormente mencionados como resultado del apoyo de NACAG representa varias ventajas para los actores involucrados:

- para México, la reducción de emisiones y contribución a la meta nacional de manera costo-eficiente (6% con respecto de la meta no condicionada del sector industrial en México)
- para los productores significa la reducción de la exposición a un impacto financiero derivado del precio relacionado a las emisiones de GEI, así como una mejora reputacional de la empresa producto de su contribución a las metas nacionales
- para todos representa el aprovechamiento de los instrumentos y estructura institucional existentes, además de la mejora en la calidad de la información que se obtiene de los participantes de este sector (p.ej. emisiones y producción)

8 Bibliografía

- AEAT. (1998). *Options to reduce Nitrous Oxide Emissions (Final Report)*. Culham, UK: AEA Technology.
- Banco Mundial. (15 de Abril de 2019). *Climate Auctions Program*. Obtenido de World Bank: <http://www.worldbank.org/en/programs/climate-auctions-program#3>
- Benavides Ballesteros, H. O. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. 1–102.
- CAR. (2019). *Nitric Acid Production. Project Protocol*. Climate Action Reserve.
- CE. (2007). *Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilisers*. Bruselas: Comisión Europea.
- CEFP. (2015). *Impuestos Ambientales en México y el Mundo*. Recuperado el 14 de Febrero de 2019, de Centro de Estudios de Finanzas Públicas: <http://www.cefp.gob.mx/publicaciones/nota/2015/enero/notace>
- Comisión Europea. (2008). *Support for the Development and Adoption of Monitoring and Reporting Guidelines and Harmonised Benchmarks for N2O Activities for Unilateral Inclusion in the EU ETS for 2008-12*. London.
- CONAMER. (23 de Mayo de 2019). *Sistema de Manifestación de Impacto Regulatorio*. Recuperado el Abril de 2019, de Comisión Nacional de Mejora Regulatoria: <http://www.cofemersimir.gob.mx/portales/resumen/47408>
- Debor, S., Schmidt, V., & Velsen-Zerweck, M. V. (2010). *N2O emissions from Nitric Acid Plants in CDM and JI projects*. Nitrogen+Syngas.
- DOF. (2018). Ley General de Cambio Climático. México: Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2019). *ACUERDO por el que se emiten los Lineamientos de Operación del Programa de Fertilizantes para el ejercicio fiscal 2019*. México: Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Gobernación.
- EPA. (2010). *Available and Emerging Technologies for Reducing Greenhouse Gas Emissions from the Nitric Acid Production Industry*. North Carolina: Office of Air and Radiation.
- EPA. (2013). *Global Mitigation of Non-CO2 Greenhouse Gases: 2010-2030*. Washington, D.C.: Office of Atmospheric Programs.
- EPA. (2017). *Overview of the Danish regulation of nutrients in agriculture and the Danish Nitrates Action Programme*. Minsitry of Environmente and Food of Denmark.
- GHG Protocol. (2014). Recuperado el Febrero de 2019, de Global Warming Potential Values: http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf
- Gobierno de la República. (2015). *Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).
- Gobierno de México. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2014*. Gobierno de México.
- Groves, M., & Frank, C. (2009). *EnviNOx: Process for N2O and NOx Abatement in Nitric Acid Plants - Setting emission standards for nitric acid plants Presentation in Rome, Italy*. Dortmund, Alemania: Uhde GmbH.
- INECC. (2018). *Costos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de México. Medidas Sectoriales No Condicionadas*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

- IPCC. (2006). Chemical Industry Emissions. En *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Vol. 3, págs. 1-110).
- Kollmuss, A., & Lazarus, M. (2010). *Industrial N₂O Projects Under the CDM: The Case of Nitric Acid Production* (Working Paper No. WP-US-1007). Somerville, MA: Stockholm Environment Institute (SEI).
- NACAG. (2017). *Nitrous oxide emissions from nitric acid production*. Recuperado el 11 de Febrero de 2019, de Nitric Acid Action: http://www.nitricacidaction.org/about/nitrous-oxide-emissions-from-nitric-acid-production/#_ftn2
- Orozco-Hernandez, M., Mireles-Lezama, P., Garcia-Fajardo, B., Alvarez Arteaga, G., & Vera Bolaños, M. (2014). Estimación de emisiones de óxido nítrico en el cultivo de maíz, Estado de México. *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Intereacciones en México: Síntesis a 2014*, 23-31.
- Panagiotis, K. (2001). Voluntary Environmental Agreements: Evolution and Definition of a New Environmental Policy Approach. *Journal of Environmental Planning and Management*, 44(1), 67-84.
- Perez-Ramirez, J., Kapteijna, F., Schöffel, K., & Moulijn, J. (2003). Formation and control of N₂O in nitric acid production. Where do we stand today? *Applied Catalysis B: Environmental*, 44(2), 117-151.
- PMR/ICAP. (2016). *Comercio de Emisiones en la Práctica: Manual sobre el diseño y la implementación de sistemas de comercio de emisiones*. Washington D.C.: Banco Mundial.
- PROFEPA. (2012). *Programa Nacional de Auditoría Ambiental*. Ciudad de México: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
- ProMéxico. (2018). *La Industria Química Mexicana hacia la Química 4.0*. Ciudad de México: Unidad de Inteligencia de Negocios.
- Schneider, L., & Cames, M. (2014). *Options for continuing GHG abatement from CDM and JI industrial gas projects*. Berlín, Alemania: Oeko-Institut e.V.
- SE. (2015). *Sistema Integral de Información de Comercio Exterior (SIICEX)*. (Secretaría de Economía) Recuperado el 19 de Febrero de 2019, de <http://www.siiex.gob.mx/portalSiicex/Transparencia/Permisos/permisos-infespecifica.htm>
- SEMARNAT. (2013). *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SEMARNAT. (2017). *Impuesto al carbono en Mexico: Presentación SEMARNAT*. Recuperado el 11 de Febrero de 2019, de Partnership for Market Readiness: https://www.thepmr.org/system/files/documents/Mexico%20Carbon%20Tax_PMR_march_2017.pdf
- SEMARNAT-INECC. (2018). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SHCP. (2018). *Estadísticas Oportunas de Finanzas Públicas*. Recuperado el 11 de Febrero de 2019, de http://www.shcp.gob.mx/PoliticaFinanciera/Finanzaspublicas/Estadisticas_Oportunas_Finanzas_Publicas/Paginas/unica2.aspx
- Stefanova, M., & Chuturkova, R. (2015). Technical Engineering for Catalytic Reduction of Nitrous Oxide Emissions. *GSTF Journal of Engineering Technology (JET)*, 3(2), 89-94.
- UNEP DTU. (2018). *CDM/JI Pipeline Analysis and Database*. Recuperado el Febrero de 2019, de <http://cdmpipeline.org/>

- Wallace, D. (1995). *nvironmental Policy and Industrial Innovation: Strategies in Europe, the US and Japan*. London: Royal Institute of International Affairs & Earthscan.
- Warnecke, C., T. D., & N. K. (2015). *Analysing the status quo of CDM projects. Status and prospects*. Recuperado el 19 de Febrero de 2019, de https://newclimateinstitute.files.wordpress.com/2015/05/cdm_evaluation_mainreport_2015.pdf
- World Bank. (2019). *State and Trends of Carbon Pricing 2019*. Washington, D.C.: World Bank.
- World Bank and Ecofys. (2018). *State and Trends of Carbon Pricing 2018*. Washington, D.C.: World Bank.

