



Situación actual y escenarios para el desarrollo de **biocombustibles sólidos en México** hacia 2024 y 2030

Teresita Arias Chalico, M. Sc.

Situación actual y escenarios para el desarrollo de biocombustibles sólidos en México hacia 2024 y 2030

Teresita Arias Chalico, M. Sc.

Editado por
RED MEXICANA DE BIOENERGIA A.C.
RED TEMÁTICA DE BIOENERGIA DE CONACYT

Coordinado por: Enrique Riegelhaupt, Ing. Agr.

Morelia, diciembre de 2018



La consulta de expertos en biocombustibles sólidos (BCS) es parte del programa de trabajo de la Red Temática de Bioenergía de CONACYT y la REMBIO A.C., y se realizó en Cuernavaca, el 25/09/2018. El presente documento se preparó con base en las opiniones e informaciones aportadas por los expertos presentes en ese evento y consultas a distancia con otros expertos.

Siete de los diez expertos invitados participaron en la etapa presencial: el Dr. Omar Masera Cerutti, la Dra. Montserrat Medrano Serrano, el Ing. Alejandro Méndez, el Ing. Jaime Hernández Orduño, el Dr. Raúl Tauro, la Dra. María Dolores Durán, y la M. en C. Teresita Arias Chalico. Otros dos expertos lo hicieron a distancia: el Dr. Adrián Ghilardi y el M. en I. Rodolfo Díaz Jiménez.

La consulta consideró cuatro biocombustibles sólidos: leña, astillas, pellets y carbón. Sus resultados se presentan por separado. Para cada BCS se analizaron: una línea de base y su proyección BAU ("Business as usual"); un escenario "favorable" a corto plazo (2019-2024) y un escenario "favorable" a medio plazo (2025-2030). Se evaluaron: 1) la producción, 2) el consumo -siempre que fue posible diferenciado por sector de uso final-; 3) las tecnologías; 4) el marco normativo / legal. Se pidió a los expertos que estimaran el costo fiscal requerido en cada escenario, aunque esto no siempre resultó posible.

Al evaluar los escenarios para 2024 y 2030, se concluyó que:

- I. En todos los sectores analizados hay posibilidades de usar en forma más rentable, más limpia y más productiva los BCS, logrando beneficios económicos, ambientales y sociales.
- II. Los recursos de biomasa ya existentes son suficientes para producir sosteniblemente toda la demanda de los sectores y usos previstos, por lo cual no es necesario invertir en crear o ampliar nuevas fuentes de biomasa, aunque sí es necesario asegurar el manejo sostenible de los recursos forestales y el uso eficiente de los residuos agrícolas y agroindustriales.
- III. En la mayoría de los sectores donde es posible ampliar el uso de BCS, la creación de valor por sustitución de combustibles fósiles será probablemente mucho mayor que el costo fiscal.
- IV. Si se establece la exigencia legal de los Certificados de Energía Térmica Limpia (CETEL) como ya existe con los CEL, se abriría un enorme mercado para la energía térmica limpia, con un ingreso masivo de los BCS al mercado energético, grandes reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y considerables ahorros de divisas por importaciones evitadas de gas natural y gas licuado del petróleo (GLP).
- V. La exigencia de CETEL sería la política más eficaz para concretar escenarios favorables y promover el uso ampliado de BCS en México.



I**LEÑA****Línea de base y su proyección BAU****Producción-Demanda residencial**

- Se producen y consumen 18.9 millones de toneladas de materia seca por año (MtMS/a) (340 PJ/año) en el sector residencial para cocción de alimentos, calefacción de ambientes y de agua. El 80% se obtiene por autoabasto y 20% se compra.
- Se estima que la demanda en los años 2024 y 2030 puede ser semejante a la actual, porque la reducción de la penetración se compensaría con el aumento de la población.
- Se estima que en el año 2030 se puede llegar a una demanda de 17.9 MtMS/año, con 22 millones de personas que usarán leña.
- El potencial físico de producción de leña es de 1,500 PJ/año de madera en bosques y selvas manejados: es 5 veces mayor que la demanda de leña. A nivel nacional, no hay dificultad para atender el abasto de leña del sector residencial y su uso no degrada a los bosques manejados, ya que la mayor parte de la leña es de madera muerta y/o de poda de ramas.
- Las demandas actual y futura siguen manteniendo a la leña como un importante combustible en el sector residencial.
- El uso de leña es principalmente en las zonas rurales y pequeño urbanas. Actualmente hay un “renacimiento” del uso de leña en las ciudades para cocina gourmet, como pizzas y carnes asadas, lo que puede incrementar la demanda, pero en muy bajas cantidades.

Tecnologías de uso final residencial

- Los dispositivos tradicionales y mejorados para cocción de alimentos y calefacción que usan leña, continúan emitiendo contaminantes en el ambiente de cocinado, intra y extramuros, lo cual es perjudicial para la salud de las usuarias y sus familias.
- En los últimos 6 años han existido iniciativas gubernamentales de reemplazar la leña con gas licuado del petróleo (GLP), a través de programas de entrega gratuita de estufas y tanques de gas. También se entregan estufas solares.
- Desde hace más de 20 años, varias organizaciones no gubernamentales (ONG) han desarrollado tecnologías mejoradas de uso final, pero han tenido baja penetración.
- Desde 2006 ha habido promoción gubernamental masiva de estufas de leña, tanto a nivel federal, estatal, como municipal.
- Se estima una penetración de aproximadamente 1,000,000 de estufas “mejoradas” en los últimos 12 años.
- Se han distribuido estufas que no atienden las necesidades de cocinado de los usuarios, que son de poca durabilidad, no reducen la emisión de contaminantes en los hogares, son caras (\$4,000 por estufa) y se le han asignado a grandes empresas por licitaciones masivas, por lo que es probable que muchas estufas ya no estén en funcionamiento.
- El costo fiscal de estos programas se estima en al menos 6,000 MDP (500 millones de pesos por año).

Escenario favorable de leña, a corto plazo (2019 a 2024)

Producción-Demanda residencial	<ul style="list-style-type: none"> No se propone un escenario diferente de demanda de leña.
Tecnologías de uso final residencial	<ul style="list-style-type: none"> Debido a que la leña seguirá teniendo consumo importante en el sector residencial, se propone que los dispositivos para cocción de alimentos dirigidos a usuarios que compran leña se diseñen para atender requerimientos de potencia adecuada y regulable, rápido encendido y eliminación completa del humo, para poder competir con el gas y la electricidad. Se propone que también se desarrollen equipos específicos por tarea, como cocción de nixtamal, frijoles o tortillas. En las zonas rurales que se autoabastecen de leña, se deberá continuar con la difusión de fogones multitarea, con mejoras que reducir la emisión de contaminantes. Para calefacción de ambientes, el pellet podría sustituir a la leña, pero con muy baja penetración, llegando posiblemente a 300 usuarios (450 t/año) en el año 2024 en los estados norteños de México y como parte de iniciativas privadas, sin costo fiscal. Para garantizar que los programas de difusión de estufas cumplan con los objetivos de reducir contaminantes en el ambiente y adopción de la tecnología, se propone un esquema por etapas: <ol style="list-style-type: none"> Diseño a cargo de universidades o institutos de investigación, de diferentes modelos de fogones no contaminantes, de acuerdo a las necesidades de cada región del país, con costos no mayores a \$1,000 por dispositivo, obteniendo las patentes respectivas; Certificación de los fogones por parte del Laboratorio de Innovación y Evaluación de Estufas de Biomasa (lineb) en la UNAM, aplicando la norma mexicana PROY-NMX-Q-001-NORMEX-2017; Licitación con empresas privadas de la fabricación y comercialización de estufas, dándoles subsidio para capital semilla; Difusión de las estufas con esquemas múltiples. Estos pueden ser de subsidio completo en zonas marginadas, subsidio del 50% en localidades rurales no marginales y comercial en zonas pequeño urbanas y periurbanas. Se propone una penetración de 1,000,000 de estufas a lo largo de 6 años. El costo fiscal estimado es de 1,585 MDP (\$MN 264 millones por año).

Escenario favorable de leña, a mediano plazo (2025 a 2030)

Producción-Demanda residencial	<ul style="list-style-type: none"> No se propone un escenario diferente de demanda de leña.
Tecnologías de uso final residencial	<ul style="list-style-type: none"> Continuar con el programa de difusión de diversos modelos de estufas certificadas, para llegar a 1,000,000 de estufas adicionales. El costo fiscal es de 1,125 MDP (\$187 millones por año).

COSTO FISCAL DEL DISEÑO Y DIFUSIÓN DE ESTUFAS NO CONTAMINANTES		
AÑO	2024	2030
Diseño, certificación y registro de patente de 10 modelos de estufas no contaminantes probadas	\$60,000,000	\$0
Capital semilla para empresas licitantes	\$400,000,000	\$0
Subsidios para difusión de equipos	\$1,125,000,000	\$1,125,000,000
Costo fiscal por sexenio	\$1,585,000,000	\$1,125,000,000
Costo fiscal anual	\$264,166,667	\$187,500,000



FIGURA 1. Estufas mejoradas que usan leña. Modelo TUYA (izq.). Fotografía por REMBIO A.C. y PATSARI (der.). Fotografía por Proyecto Patsari, GIRA, A.C.



FIGURA 2. Leñas de monte y de industria. Fotografías por Teresita Arias.

2 ESCENARIOS PARA ASTILLAS, ASERRÍN Y CORTEZA DE MADERA

Línea de base

Producción de astillas, aserrín y corteza	<ul style="list-style-type: none"> Las astillas se producen por empresas especializadas o por aserraderos que procesan los residuos del aserrío y/o de aprovechamiento de monte de pino y encino, además de podas y recuperación de eucaliptos urbanos. El aserrín y la corteza son co-productos del aserrío de madera. La empresa más grande que produce astilla es Green Biomass de México y se encuentra en Monterrey. En Jalisco, Colima y Veracruz existen empresas medianas y pequeñas. La producción anual de astilla puede ser de 760,000 toneladas al año. No existe costo fiscal, porque la producción se hace por iniciativa privada.
Demanda industrial	<ul style="list-style-type: none"> La demanda industrial de biomasa se debe a empresas que deciden usarla por política corporativa “verde”; para sustituir diésel, GLP o combustóleo; para tener autosuficiencia eléctrica; o para dar un uso productivo a los residuos de procesos propios. Los ramos que usan astillas son: ingenios azucareros, cigarreras, tequileras, destilerías, productoras de café soluble y procesadoras de palma de aceite. La industria de aceite de palma usa además raquis de la palma y residuo de la extracción del aceite. Algunos aserraderos usan corteza y aserrín para secado de madera. No existe costo fiscal, pues son ejecutadas por la iniciativa privada.
Aspectos normativos y fiscales	<ul style="list-style-type: none"> No existe obligación de uso de BCS en usos térmicos industriales, tal como sí es requerido por ley para la generación y uso de electricidad renovable de origen comprobado mediante Certificados de Energías Limpias (CEL). No hay estímulos fiscales al consumo de biomasa.

Escenario favorable, a corto plazo (2019 a 2024)

Demanda industrial	<ul style="list-style-type: none"> Existe posibilidad de aumento del uso de astillas en industrias de alta demanda, como la de café soluble y en tequileras. No hay estimación de la posible demanda. No tiene costo fiscal porque se realizaría por iniciativa privada.
Aspectos normativos y fiscales	<p>Se propone:</p> <ul style="list-style-type: none"> En la Ley de Energías Renovables, generar la obligación de uso por la industria de biocombustibles sólidos para usos térmicos, comprobada con Certificados de Energía Térmica Limpia (CETEL) Los CETEL equilibrarán las políticas orientadas al sector eléctrico con las orientadas a los otros sectores de la economía. Incluir a la biomasa en la Ley del ISR para que sea deducible. El costo fiscal de estas acciones no es posible de calcular.

Escenario favorable, a mediano plazo (2025 a 2030)

Demanda industrial

- Seguirá aumentando la demanda de astilla, aserrín, corteza y otros residuos de biomasa con la obligatoriedad de la industria de usar energías limpias. No hay estimación de la posible demanda.
- No tiene costo fiscal porque se realizará por iniciativa privada.



FIGURA 3. Astilla, aserrín y corteza. Fotografías por Teresita Arias.

3 ESCENARIOS DE PELLETS

Línea de base

Producción de pellet y materias primas	<ul style="list-style-type: none">• La producción de pellet para energía es nueva en México, con un máximo de 100 toneladas/año.• Solo la realizan 4 empresas en Veracruz, Guanajuato, Chihuahua y Durango.• Las materias primas usadas son: residuos forestales, residuos de la industria alimenticia, esquilmos agrícolas y estiércol.
Demanda residencial	<ul style="list-style-type: none">• Existe una demanda muy baja del sector residencial para calefacción de ambientes en el norte de México, asociada a la compra de equipos de calefacción automatizados. Esta demanda no es mayor a 10 toneladas de pellet por año.• En Chihuahua se venden entre 30 y 100 estufas al año para calefacción a base de pellet.• El precio del pellet puede ser de \$5 a \$6.5 MN/kg, con lo que puede competir con el GLP.• Al ser un Transportador Energético (TE) de reciente producción, no existen proyecciones de demanda en la línea base (BAU). No existe costo fiscal de estas iniciativas, pues son ejecutadas por la iniciativa privada.
Demanda agrícola, pequeño industrial e industrial	<ul style="list-style-type: none">• Se está desarrollando la demanda de pellet en invernaderos, tostado de café y secado de granos.• Existe reticencia de los industriales por usar pellets para energía, porque no tienen disposición a asumir riesgos, no cuentan con dinero para invertir y tienen dudas sobre el abastecimiento seguro del pellet.
Demanda comercial y de servicios	<ul style="list-style-type: none">• Se está desarrollando la demanda de pellet en hoteles. Se está diseñando y registrando la patente de una estufa de gravedad para cocción de alimentos en el sector comercial, con recursos PRODETES, cuyo costo fiscal fue \$200,000.
Aspectos normativos y fiscales	<ul style="list-style-type: none">• No existen normas que regulen la calidad de pellets para calderas de baja potencia.• No existe obligación de uso de BCS en usos térmicos industriales, semejante a los Certificados de Energías Limpias para generación de electricidad.• No hay estímulos fiscales al consumo de biomasa.

Escenario *favorable*, a corto plazo (2019 a 2024)

Demanda residencial	<ul style="list-style-type: none"> Se estima una demanda de 300 a 650 t/año para calefacción de ambiente y cocción de alimentos, a partir de la comercialización de estufas y calefactores. No tiene costo fiscal porque se realizará por iniciativa privada.
Demanda agrícola y pequeño industrial	<ul style="list-style-type: none"> La demanda será de 1,150 a 3,000 t/año, con rastros, cerveceras artesanales y panaderías como principales clientes, con consumos entre 8 y 15 toneladas al mes. No tiene costo fiscal porque se realizará por iniciativa privada.
Demanda industrial	<ul style="list-style-type: none"> Demanda entre 13,500 y 18,500 t/año. Los principales clientes serán agroindustria e industria química. Se realizará exportación de pellet a Asia y Europa. No tiene costo fiscal porque se realizará por iniciativa privada.
Demanda comercial y de servicios	<ul style="list-style-type: none"> Se estima en 1,320 t/año para preparación de alimentos en fondas, calderas de hoteles, hospitales y centros deportivos. Las estufas para fondas consumen 500 kg al año. Los hospitales consumirían entre 20 y 70 t/año por establecimiento. No tiene costo fiscal porque se realizará por iniciativa privada.
Aspectos normativos y fiscales	<p>Se propone:</p> <ul style="list-style-type: none"> Formulación de una norma de calidad de pellets para calderas de baja potencia, adecuada a las condiciones de materias primas de México. En la Ley de Energías Renovables, generar la obligación de la industria de uso de Biocombustibles sólidos para usos térmicos, con Certificados de Energía Térmica Limpia (CETEL). Incluir a la biomasa en la Ley del ISR para que sea deducible. El costo fiscal de estas acciones no fue posible de estimar.

Escenario *favorable*, a mediano plazo (2025 a 2030)

Demanda residencial	<ul style="list-style-type: none">• Se estima una demanda de 600 a 1,150 t/año para calefacción de ambiente y cocción de alimentos.• No tiene costo fiscal porque se realizará por iniciativa privada.
Demanda agrícola y pequeño industrial	<ul style="list-style-type: none">• La demanda será de 2,100 a 5,400 t/año, con los mismos clientes.• Se estima un crecimiento del 30% anual.• No tiene costo fiscal porque se realizará por iniciativa privada.
Demanda industrial	<ul style="list-style-type: none">• Se estima una demanda entre 20,000 y 27,000 t/año.• Se sustituirá el uso de GLP y diésel en industrias del norte de México, con crecimiento anual del 30%.• La exportación tendrá crecimiento del 5 al 10% anual.• No tiene costo fiscal porque se realizará por iniciativa privada.
Demanda comercial y de servicios	<ul style="list-style-type: none">• Se estima 2,640 t/año principalmente en calderas para calentar agua de hospitales, centros deportivos y hoteles• El crecimiento anual será del 20%.• No tiene costo fiscal porque se realizará por iniciativa privada.



FIGURA 4. Pellet de madera. Fotografías por Todo Pellet.



FIGURA 5. Quemador industrial y estufa para cocción de alimentos de pellet.
Fotografías por Todo Pellet.



FIGURA 6. Calefactores de ambiente a base de Pellets. Fotografías por Todo Pellet y Teresita Arias.

4 ESCENARIOS DE CARBÓN VEGETAL

Línea de base y su proyección BAU

Producción-Demanda	<ul style="list-style-type: none"> • Se producen 760,000 t (23.9 PJ/año) de carbón vegetal en México. • Se estima una tasa de aumento de la demanda de 7,500 toneladas por año, por el crecimiento de la población urbana y pequeño urbana. • El potencial físico para producir carbón es de 1,500 PJ/año de madera de bosques y selvas manejados, equivale a unos 500 PJ/a de carbón vegetal. • El consumo actual de leña para producir carbón es de 75 PJ/año y llegará a 84 PJ/año en el 2030.
Producción legal	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo se reportan 90,000 t de carbón producido en México con autorización de aprovechamiento de SEMARNAT. • El 87% del carbón que se produce es ilegal, generando una competencia que reduce los ingresos de los productores legales por bajas en los precios del carbón. • Los precios bajos del carbón a pie de horno no permiten internalizar los costos de obtención de autorizaciones de aprovechamiento.
Condiciones de salud y trabajo de los carboneros	<ul style="list-style-type: none"> • Se estima que existen entre 20 y 50 mil productores de carbón en México que tienen malas condiciones de trabajo y salud. • La mayor parte del carbón se produce en hornos tradicionales que provocan enfermedades respiratorias en los carboneros por la inhalación de gases de pirólisis y partículas de carbón. • No hay uso de equipos de seguridad. • Existe una tendencia creciente de uso de hornos mejorados de mampostería, metálicos y de fosa, que reducen la exposición a los gases de pirólisis.
Desarrollo de empresas formales de productores	<ul style="list-style-type: none"> • El valor de la producción nacional de carbón es de aproximadamente \$11,780 millones de pesos (año 2018). • Los ingresos de los productores que venden a orilla de brecha (“<i>ex works</i>”) son 32% de este valor. • El 68% del precio final del carbón se distribuye en los intermediarios. • El desarrollo de empresas formales de productores de carbón les permite ser más competitivos y tener mayor rentabilidad, derivado de mejoras en los procesos de producción y comercialización, mayor capacidad de gestión comercial y avance en la agregación de valor del carbón. • Existe una tendencia creciente de empresas de carboneros formales, que se han integrado con apoyo de programas de CONAFOR e INAES. • Sin embargo, es necesario que haya más subsidios para impulsar estas empresas, que se flexibilicen los criterios de apoyo y se dé igual importancia tanto a pequeñas empresas rurales como a empresas ejidales-comunales. • El costo fiscal de estos programas no es conocido.

Escenario favorable, a corto plazo (2019 a 2024)

<p>Producción-Demanda</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Por el aumento del precio del GLP y dificultad de uso de la leña en los hogares, se asume un aumento del 5% anual de la demanda de carbón en el sector residencial (pequeño urbano + rural) y del sector comercial que usa carbón para preparar alimentos (incrementando 40,000 t/año en 2024). • Este aumento sería resultado de acciones de empresas que promuevan el uso de carbón en los hogares, con tecnologías mejoradas de uso final, sin costo fiscal.
<p>Producción legal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la producción legal para sumar un 20% de la producción total (aumentando a razón de 67,000 t/año) por medio de: a) promoción del consumo de carbón legal, a través de medios de difusión; b) lograr una producción de carbón rentable para los productores, de forma tal que puedan internalizar los costos de obtención de permisos; c) un programa específico de CONAFOR para programas de aprovechamiento forestal exclusivos de carbón vegetal; y c) acciones de control eficaz de la producción ilegal por parte de la PROFEPA. • Costo fiscal: \$103,930,740 (\$78,930,740 para legalizar 20% adicional de producción y \$25,000,000 para una campaña de promoción de consumo de carbón legal).
<p>Condiciones de salud y trabajo de los carboneros</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El 20% del carbón se producirá con hornos mejorados que eviten la inhalación de gases de pirólisis. • Se promoverá el uso de equipos de seguridad, como mascarillas para particulados y vapores a través de programas gubernamentales de fomento (CONAFOR, INAES) y/o de inversión de los productores, con mecanismos de financiamiento baratos y simples. • Certificación por la UNAM-CEMIEBio de hornos que reduzcan la emisión en 6 años para la transferencia de tecnología de hornos mejorados y 5 MDP en 6 años para la certificación de tecnologías limpias de producción de carbón).
<p>Desarrollo de empresas formales de productores</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se formaliza, incuba y pone en funcionamiento entre 10 y 30 empresas por cada uno de los 19 estados productores de carbón en México (285 empresas). • Aumenta el ingreso bruto de las empresas productoras de carbón al 80% del valor total de su producción, con una política de fomento a la formación de empresas carboneras. • En CONAFOR, se iguala la prelación y el % de subsidio en Cadenas Productivas a empresas comunitarias y no comunitarias. • Costo fiscal: \$188 MDP en la formalización, incubación y funcionamiento de empresas carboneras.

Escenario a mediano plazo (2025 a 2030)

Producción-Demanda	<ul style="list-style-type: none"> Continuará el aumento en la demanda, adicionando 84,000 t/año de 2024 a 2030.
Producción legal	<ul style="list-style-type: none"> Continuará el aumento de la producción legal para alcanzar un 30% de la producción total (280,000 t/año). Costo fiscal: 160 MDP (125 MDP para legalizar 30% adicional de la producción y 25 MDP para campañas de promoción de consumo de carbón legal).
Condiciones de salud y trabajo de los carboneros	<ul style="list-style-type: none"> El 40% de la producción de carbón se hace con hornos mejorados. Mismas acciones. Costo fiscal: 264 MDP en 6 años para la transferencia de tecnología de hornos mejorados.
Desarrollo de empresas formales de productores	<ul style="list-style-type: none"> Se alcanza la formalización, incubación y funcionamiento de al menos 500 empresas carboneras en México (215 empresas adicionales). Se aumenta el ingreso bruto de las empresas productoras de carbón al 80% del valor total de su producción. Costo fiscal: \$142 MDP para la formalización, incubación y funcionamiento de empresas forestales.

RESUMEN DE LOS ESCENARIOS DE CARBÓN

ESCENARIO	SITUACIÓN CLAVE	AÑO		
		2018	2024	2030
BAU	Demanda (t/año)	760,000	797,486	840,000
ESCENARIOS FAVORABLES	Demanda (t/año)	760,000	837,360	924,000
	Diferencia en la demanda (t/año)	0	39,874	84,000
	Producción de carbón legal (t/año)	90,000	167,472	277,200
	Producción en hornos mejorados (t/año)	ND	167,472	369,600
	Cantidad de hornos mejorados establecidos	ND	1,691	3,731
	Mínimo de productores de carbón beneficiados con hornos mejorados	ND	4,652	10,267
	Máximo de productores de carbón beneficiados con hornos mejorados	ND	13,956	30,800
	Empresas rurales de carbón formalizadas, incubadas y funcionando	ND	200	500

COSTO FISCAL DE LEGALIZAR LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL		
AÑO	2024	2030
Producción de carbón total (t)	797,486	840,000
Producción total de leña equivalente (m ³)	4,784,914	5,040,000
Productividad promedio (m ³ /ha/año)	6.6	6.6
Superficie total aprovechada en México para carbón vegetal (ha)	724,987	763,636
Porcentaje a legalizar	20%	30%
Superficie a legalizar (ha)	144,997	229,091
Costo de apoyo CONAFOR por ha (incluye 20% de overhead)	\$544	\$544
Costo fiscal en 6 años	\$78,930,740	\$124,707,870
Costo fiscal anual	\$13,155,123	\$20,784,644

COSTO FISCAL DE LA DIFUSIÓN DE USO DE CARBÓN LEGALIZADO		
AÑO	2024	2030
Producción de video y campaña promocional	\$5,000,000	\$5,000,000
Difusión de campaña promocional en medios audiovisuales nacionales	\$20,000,000	\$20,000,000
Costo fiscal en 6 años	\$25,000,000	\$25,000,000
Costo fiscal anual	\$4,166,667	\$4,166,667

COSTO FISCAL DE TRANSFERENCIA DE HORNOS MEJORADOS		
AÑO	2024	2030
Producción de carbón total (t)	797,486	840,000
Producción con hornos mejorados (%)	20%	40%
Producción con hornos mejorados (t/año)	159,497	336,000
Producción promedio por horno (t/año)	99	99
Hornos requeridos	1,610	3,392
Costo promedio de un horno (cubre asistencia técnica y overhead de 30%)	\$78,000	\$78,000
Costo fiscal en 6 años	\$125,585,116	\$264,560,252
Costo fiscal anual	\$20,930,853	\$44,093,375

COSTO FISCAL DE INCUBACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE EMPRESAS FORESTALES PRODUCTORAS DE CARBÓN		
AÑO	2024	2030
Empresas forestales de carbón incubadas y funcionando (adicionales)	285	215
Costo fiscal unitario de incubación y formalización de empresas forestales (\$/empresa, incluye 20% de overhead)	\$420,000	\$420,000
Costo fiscal unitario de apoyo a la administración, producción y comercialización (\$/empresa; incluye 20% de overhead)	\$240,000	\$240,000
Costo fiscal en 6 años	\$188,100,000	\$141,900,000
Costo fiscal anual	\$31,350,000	\$23,650,000



FIGURA 7. Producción de carbón y uso de equipo de seguridad. Fotografías por Teresita Arias.



FIGURA 8. Horno Rabo Quente mejorado. Fotografía por Naturaleza y Desarrollo NYDE, AC. y empresa de carboneros incubada. Fotografía por Teresita Arias.

