

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE
VICEMINISTERIO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS



Evaluación de Necesidades de Tecnología para el Cambio Climático en Bolivia (Sectores: Energético, Industrial y de Cambio en el Uso de la Tierra y los Bosques)



PNCC

LA PAZ - BOLIVIA
ABRIL 2002

Equipo Técnico de elaboración del documento

- **Ing. MSc. Javier Hanna F.** (consultor energía)
- **Ing. MSc. Freddy Tejada M.** (consultor sector industria)
- **Ing. Luis Goitia** (consultor sector forestal)

Arreglos editoriales

- **Lic. Maria Sol Bagur** (consultora en comunicación)

Coordinación y Edición

- **Ing. MSc. Oscar Paz Rada**
(Coordinador General del Programa Nacional de Cambios Climáticos)

Título: “Evaluación de Necesidades de Tecnología para enfrentar el Cambio Climático en Bolivia - (Sectores: Energético, Industrial y de Cambio en el Uso de la Tierra y los Bosques)”

Edición: Ministerio de Desarrollo Sostenible
Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente
Programa Nacional de Cambios Climáticos

Financiamiento: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
Global Environmental Facility (GEF)

Copyright: Programa Nacional de Cambios Climáticos

Diseño de Tapa: Maria Sol Bagur D.

Impreso en:

Depósito legal:

Impresión:

Evaluación de Necesidades de Tecnología para enfrentar el Cambio Climático en Bolivia

(Sectores: Energético, Industrial y de Cambio en el Uso de la Tierra y los Bosques)

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El Artículo 4.5 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) establece que las Partes que son países desarrollados y otras Partes desarrolladas incluidas en el Anexo II de la Convención “deberán realizar todos los pasos practicables para promocionar, facilitar y financiar, de manera apropiada, la transferencia o el acceso a tecnologías ambientalmente sanas y conocimientos prácticos a otras Partes, particularmente a aquellas que son países en desarrollo, a fin de que puedan aplicar las disposiciones de la Convención”.

En este sentido, alcanzar el objetivo último de la Convención como está formulado en su Artículo 2¹, requerirá esfuerzos concretos de innovación tecnológica, además de la rápida y amplia transferencia y posterior aplicación de tecnologías, incluyendo los conocimientos prácticos para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y considerando que la transferencia de tecnología para la adaptación al cambio climático es también un elemento importante en los esfuerzos de reducir la vulnerabilidad a tal cambio, lo cual reviste singular importancia para países en desarrollo especialmente vulnerables como Bolivia.

Esta innovación tecnológica debe ocurrir lo suficientemente rápido y continuar durante un periodo de tiempo tal que permita la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero, logrando reducir la vulnerabilidad de los recursos y ecosistemas al cambio climático. Además, la tecnología a adoptarse tanto para la mitigación como para la adaptación al cambio climático debe ser no solamente ambientalmente sana, sino que debe apoyar al desarrollo sostenible de los países en vías de desarrollo.

El desarrollo sostenible a escala global requerirá cambios tecnológicos radicales, considerando que el progreso económico es más rápido en los países en desarrollo y que el mismo no será sostenible si estos países siguen las tendencias históricas de las emisiones de gases de efecto invernadero de los países evolucionados. Por esta razón se considera que el desarrollo en conjunto con los conocimientos modernos, ofrece muchas oportunidades para evitar las prácticas pasadas no sostenibles y moverse más rápidamente hacia mejores tecnologías, técnicas e instituciones relacionadas.

¹ El objetivo último de la Convención y cualquier instrumento legal relacionado, que la Conferencia de las Partes pueda adoptar es, “lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.”

Vale decir, además, que los países en desarrollo requieren asistencia que les permita llevar a cabo capacidades humanas (conocimiento, técnicas y habilidades de manejo), desarrollar y establecer instituciones apropiadas, además de adquirir y adaptar equipos específicos. Estas actividades y otros procesos conforman la llamada *transferencia de tecnología*, la cual, particularmente cuando es de países desarrollados a países en desarrollo, debería ser practicada en un amplio frente que cubra estas necesidades e idealmente dentro de un marco de ayuda para hallar nuevos patrones sostenibles para las economías en su conjunto. Además, las tecnologías deben ser apropiadas en cualquiera de los contextos de desarrollo sostenible particular que los países y sociedades definan, y por lo cual podrían diferir de acuerdo a las circunstancias nacionales, lo que hace muy importante asegurar que la transferencia de tecnología cumpla con las prioridades y necesidades locales y nacionales, aumentando la probabilidad de que ésta sea exitosa y que se desenvuelva en un ambiente propicio para permitir la promoción de tecnologías ambientalmente sanas.

La *transferencia de tecnología* debe definirse como el amplio conjunto de procesos que cubren los flujos de conocimientos prácticos, la experiencia y los equipos para mitigar y adaptarse al cambio climático entre los diferentes actores de la sociedad como los gobiernos, el sector privado, las instituciones financieras, las organizaciones no gubernamentales y las instituciones de educación e investigación. Estos amplios procesos, comprenden la difusión y la cooperación tecnológica entre países, además de los procesos de aprendizaje para entender, usar y replicar dicha tecnología, incluyendo la capacidad para elegir y adaptarla a las condiciones locales y para integrarla con las de tipo locales.

Después del proceso de consultas sobre la transferencia de tecnologías llevada a cabo por la CMNUCC se han adoptado algunas consideraciones al respecto, las mismas que se presentan en forma resumida a continuación²:

a) Enfoque general de la transferencia de tecnología con arreglo a la Convención.

- El desarrollo y transferencia de tecnologías de adaptación y mitigación de gases de efecto invernadero es una preocupación de muchos países.
- Es esencial la función de los gobiernos, aunque la transferencia tecnológica suele agrupar muchos interesados, lo que permite definirlo como un proceso complejo.
- La mayoría de los proyectos y programas bilaterales y multilaterales en los países en desarrollo, incluidas las actividades y la transferencia de tecnología, se emprenden principalmente para aliviar la pobreza, estipular el desarrollo económico y social, reducir la contaminación ambiental y mejorar la salud pública. La integración del cambio climático en los proyectos y programas en curso, es una manera de garantizar la obtención de beneficios a largo plazo relacionados con el clima, permitiendo conseguir al mismo tiempo beneficios económicos, sociales y ambientales

² Documentos de la CMNUCC, FCCC/SBSTA/2000/Inf.6; FCCC/SBSTA/2000/Misc.9; FCCC/SBSTA/2000/4; FCCC/SBSTA/2000/Misc.4

de corto plazo. A su vez, la cooperación tecnológica deberá ser coherente con las prioridades y el desarrollo sostenible, basarse en los conocimientos y las experiencias locales teniendo en cuenta las sinergias entre las preocupaciones ambientales locales y los objetivos del cambio climático.

- Los gobiernos deberán establecer un enlace firme entre los planes generales de desarrollo, los compromisos en virtud de la Convención y una Estrategia de mejoramiento de la transferencia de tecnología, además de crear capacidades para la transferencia de tecnología.

b) Sobre las necesidades tecnológicas y su Evaluación

- Las Partes deberán formular programas para realizar evaluaciones de las necesidades tecnológicas. Estas evaluaciones podrían incluir un análisis de los efectos de la tecnología, la determinación y la asignación de prioridades de las necesidades de tecnología y el fomento de la capacidad institucional y humana apropiada para la transferencia de tecnología sostenible tanto para la mitigación como para la adaptación.

c) Sobre la información Tecnológica

- Establecer en cada país desarrollado, un centro de transferencia de tecnología de acceso directo encargado de coordinar y ejecutar programas de transferencia de tecnología. Estos centros podrían contribuir a la preparación de proyectos y programas para satisfacer las necesidades prioritarias de mitigación y adaptación.
- Elaborar inventarios de tecnologías ecológicamente racionales existentes, incluidas las de dominio público y las actividades de transferencia de tecnologías pasadas y presentes.

d) Sobre el fomento a la capacidad de transferencia de tecnología

- Actividades de fomento de la capacidad que mejor pueden ayudar a lograr mantener una transferencia de tecnología eficaz, es decir, las que utilizan y mejoran de manera palpable las capacidades y tecnologías endógenas existentes.
- La Transferencia de Tecnología no concierne únicamente a las llamadas “tecnologías materiales” sino que casi siempre se refieren a las llamadas “tecnologías inmateriales” (por ejemplo, los conocimientos técnicos y las prácticas). La transmisión de experiencias, conocimientos técnicos, capacidades y prácticas constituyen un fomento a la capacidad de transferencia de tecnología.
- Fomentar las capacidades mediante actividades internacionales bilaterales o multilaterales, las cuales redundarán en beneficio para las Partes. Necesidad de un mayor esfuerzo para aumentar la sensibilización sobre los numerosos medios de que disponen los países donantes para apoyar y canalizar recursos y fomentar capacidades con eficacia.

- Impulsar el aumento de capacidades mediante proyectos de demostración o experimentales. Ésto se debe a muchas razones, entre ellas: los simples beneficios del aprendizaje práctico; la coordinación vertical creada durante la ejecución de los proyectos entre la gran cantidad de personas con poder de decisión y las partes interesadas; la creación de “intermediarios” necesarios y el apoyo a ellos; el empleo de consultores y contratistas locales para aumentar las capacidades, y el efecto positivo que tienen los proyectos en el entorno más amplio.

e) Medidas que pueden adoptar las Partes no incluidas en el Anexo I

Están referidas a varias propuestas de medidas que pueden adoptar las Partes no Anexo I, ésto para fomentar la transferencia de tecnología a la región, entre las que se distingue:

- Crear centros de enlace que coordinen las actividades nacionales de transferencia de tecnología y las medidas relacionadas con la transferencia de tecnologías ecológicamente racionales (TER), además de elaborar una lista de medidas (estrategias) tecnológicas del clima con fines de mitigación y adaptación.
- Determinar las necesidades de tecnología y la influencia de las mismas; velar por la justa evaluación de las necesidades locales de TER y de los obstáculos contra la transferencia tecnológica por medio de un proceso transparente en el que se consulte a todas las partes interesadas (gobierno, empresas, instituciones de carácter técnico y organizaciones no gubernamentales).
- Sensibilizar al público respecto de la creación y adopción de TER, así como el apoyo a estas actividades por medio de la elaboración de normas eficaces y programas de etiquetado, la educación de los consumidores y la exposición razonada de las ventajas sociales, ambientales y sanitarias de éstas tecnologías.
- Crear en los países las condiciones y capacidades necesarias para adoptar, apoyar y mantener la transferencia de tecnología. Una de estas condiciones deberá ser el mejoramiento de infraestructura física y de comunicaciones.
- Integrar la información de las necesidades de transferencia de tecnología de mitigación y adaptación, en las comunicaciones nacionales. Examinar la posibilidad de establecer como actividad separada, en coordinación con la elaboración de planes nacionales, la actualización continua de las necesidades y las estrategias.
- Mejorar la estabilidad macroeconómica y mantener un marco legal estable que facilite la transferencia de tecnologías ecológicamente racionales.

2. LOS PASOS Y LAS VÍAS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

La transferencia de tecnología resulta de acciones tomadas por varios actores de la sociedad, incluyendo a los creadores, propietarios, proveedores, compradores, receptores y usuarios de tecnología, quienes podrían ser firmas privadas, entidades estatales, consumidores individuales, entidades financieras y donadores, instituciones internacionales, ONGs y grupos sociales. Sin embargo, los diferentes actores sociales juegan diferentes roles y existe la necesidad de asociación entre ellos para crear procesos de transferencia exitosos, los cuales pueden ser facilitados por los gobiernos donde parte de la tecnología es transferida directamente entre instituciones gubernamentales o a través de firmas integradas verticalmente, pero de manera creciente los flujos tecnológicos dependen de la coordinación de múltiples organizaciones, como las redes de suministro de información, consultores de negocios y firmas financieras. Además, los ritmos de transferencia de tecnología son afectados por motivaciones que inducen a la adopción de tecnologías nuevas y/o por barreras que impiden sus transferencias, factores que pueden ser a su vez influenciados por políticas nacionales o sectoriales.

El tema de la transferencia de tecnología es interdisciplinario y puede ser considerado desde muchos puntos de vista, incluyendo los negocios, las leyes, las finanzas, el comercio internacional, las economías internacionales, el medio ambiente, la geografía, la educación, las políticas de educación y el trabajo en sí. Además, existen numerosos marcos y modelos para cubrir los diferentes aspectos de la transferencia de tecnología y un gran número de vías por la cual los actores sociales pueden interactuar para lograr una efectiva transferencia de tecnología. Estas vías varían dependiendo de los sectores, las características y circunstancias nacionales y el tipo de tecnología, además pueden ser diferentes para las tecnologías “cercanas al mercado” o para las innovaciones tecnológicas, algunas de las cuales pueden estar en fase de desarrollo, lo cual determina que los roles de los diferentes actores sociales dependan de la vía que se siga.

Las vías más comunes incluyen los programas de asistencia gubernamental, compras directas, comercio, licencias, inversión extranjera directa, acuerdos de riesgo compartido, arreglos de investigación cooperativa y acuerdos de co-producción, educación y entrenamiento e inversión directa gubernamental.

En este sentido, los procesos de transferencia de tecnología pueden ser complejos y sólo se pueden identificar algunas etapas interrelacionadas, que incluyen la identificación de necesidades, la elección de la tecnología, la valoración de las condiciones de transferencia, los acuerdos y la implementación. La evaluación y el ajuste a las condiciones locales y los procesos para replicar la tecnología en otros lugares son también importantes etapas.

Tomando en cuenta lo anterior, la evaluación de la efectividad de una transferencia de tecnología puede considerar diferentes criterios, los que al mismo tiempo pueden ser agrupados en cuatro categorías³:

³ *Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. A Special Report of IPCC Working Group III.* IPCC, 2000.

- i) La relacionada a los gases de efecto invernadero (GEI) y al medio ambiente;
- ii) La relacionada a la economía y a los aspectos sociales;
- iii) La relacionada a los aspectos administrativos, institucionales y políticos; y
- iv) La relacionada a los procesos tecnológicos.

Por lo anteriormente expuesto, los análisis que se realizan en este documento, tomando en cuenta su objetivo, están referidos fundamentalmente a la etapa de la *identificación de necesidades de transferencia de tecnología* y exclusivamente se realizan tomando como criterio director su efectividad relacionada con la *reducción de emisiones de gases de efecto invernadero* para varias actividades de demanda y transformación de energía del Sector Energético de Bolivia, a la luz de los mandatos establecidos por la CMNUCC.

Un tema que a veces queda no expuesto de manera explícita en algunos estudios referidos a la innovación tecnológica y la transferencia de tecnología, es el concerniente a las tecnologías de adaptación. Se debe considerar que la dinámica general de la transferencia de tecnología aplica a las tecnologías de mitigación y adaptación climática, pero es importante denotar las características especiales de las tecnologías de adaptación para distinguirlas de las de mitigación.

Muchos de los impactos del cambio climático afectarán a los bienes y a los sistemas colectivos globales, tales como la seguridad alimentaria, la disponibilidad de agua, la biodiversidad y la salud, además de la seguridad humana. Estos impactos de alguna manera afectarán indirectamente a los intereses comerciales, pero los incentivos más fuertes y directos para la adaptación siempre están con el sector público, lo que ha ocasionado que el uso y la transferencia de muchas tecnologías para la adaptación en todo el mundo, han ocurrido por iniciativas sociales y no como resultado de las fuerzas del mercado. En este sentido, los gobiernos han sido los actores principales en la transferencia de tecnología para la adaptación, lo que constituye una de las principales características que la diferencia de la mitigación, pero además existen otras características que en conjunto también representan una barrera para la adaptación y para la transferencia de tecnología en este campo:

- La incertidumbre sobre la localización, ritmo y magnitud de los impactos del cambio climático todavía es considerable, lo que podría impedir la adaptación anticipada efectiva.
- Las tecnologías de adaptación muchas veces están dirigidas a problemas específicos localizados y por esta razón deberán ser diseñadas e implementadas tomando en cuenta las condiciones locales, lo que impide la replica de la tecnología a gran escala.
- En oposición a los beneficios globales de la mitigación (reducción de las concentraciones atmosféricas de GEI), los beneficios de la adaptación principalmente son locales, por esta razón los proyectos de adaptación han tenido limitada respuesta por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) principalmente por que se han

seguido las decisiones de las Conferencias de las Partes de la CMNUCC y por otros financiadores.

- La implementación de tecnologías de mitigación puede contribuir al desarrollo de varios sectores económicos en el país, mientras las tecnologías de adaptación tienen como objetivo primario la reducción de los impactos en estos sectores y otros sectores, motivo por el cual la adaptación no es considerada como un objetivo para el desarrollo.

Aún cuando la adaptación muchas veces no es tomada en cuenta como un objetivo del desarrollo, los gobiernos tienen varios incentivos claros y oportunidades para empezar a planificar los procesos de adaptación. Muchas tecnologías de adaptación no sólo reducen la vulnerabilidad a impactos futuros del cambio climático, sino también a peligros actuales asociados a la variabilidad climática, lo que permite considerarlas como adaptación “sin costo” o de “desarrollo seguro ante el cambio climático”, lo cual le da utilidad en el presente y para el futuro, aun cuando el cambio climático no vaya a ocurrir.

Finalmente, se debe sostener que el fortalecimiento de las capacidades institucionales, legales, económicas y tecnológicas, como también de la percepción pública, son factores muy importantes para la adaptación efectiva y la transferencia de tecnología en este campo, ya que ninguna opción podría tener éxito cuando es implementada en un ambiente no listo, no apropiado o no dispuesto para recibir la opción tecnológica.

CAPÍTULO II

1. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA EL SECTOR ENERGÉTICO

Las acciones domésticas y aquellas que se realizan en cooperación con otros países en el campo de la transferencia de tecnología, requieren un incremento en los ritmos de la actual penetración de las tecnologías ambientalmente sanas, muchas de las cuales son particularmente importantes en su aplicación para cada sector. En este sentido, se debe considerar que las actividades de transferencia de tecnología pueden ser evaluadas en tres niveles, el macro o nacional, el específico sectorial y el específico de proyectos.

A partir de lo anteriormente expresado, el análisis que se realiza en este documento se concentra en gran medida en el nivel específico sectorial referido al sector energético nacional y sus diversas actividades y su contribución a las emisiones de GEI y, en menor escala, al nivel específico de proyectos, tomando en cuenta como base de análisis los estudios nacionales sobre cambio climático para el sector energético que se realizaron anteriormente en el país.

La transferencia de tecnología incluye etapas que deben ser desarrolladas entre países y, a través de ellos, por los diferentes actores que están comprometidos en la promoción del uso de tecnologías particulares mediante una o varias de las vías mencionadas anteriormente. La penetración de mercado de una tecnología particular en el nivel específico sectorial, procede de las etapas de investigación, desarrollo y demostración hacia las etapas de adopción, ajuste, replica y desarrollo, mientras en el nivel específico de proyectos, estos elementos pueden ser diferentes y contemplar las etapas de formulación del proyecto, estudios de factibilidad, estimación de los créditos e inversiones, implementación, monitoreo y evaluación y verificación de los beneficios climáticos (reducciones de GEI).

Todas estas supuestas necesidades, deben ser cuidadosamente establecidas a través de una *Evaluación de Necesidades Tecnológicas* para el sector analizado, debido a que una evaluación deficiente podría resultar en una transferencia tecnológica no efectiva, la cual debe ser evitada a través de la consideración completa de los atributos sociales, económicos y otros de la tecnología. Los diferentes actores, podrán realizar diferentes tipos de arreglos específicos, como los contratos de riesgo compartido, cooperación público – privada, obtención de licencias, etc., que son mutuamente beneficiosos, permitiendo definir una vía particular para la transferencia de tecnología.

Tomando en cuenta lo anteriormente dicho, se debe mencionar que las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por los diferentes sectores que constituyen las fuentes de emisiones varían de manera importante, así como la importancia de cada uno de los GEI entre los diferentes sectores y evidentemente entre los diferentes países. Estos factores deben ser cuidadosamente considerados para poder desarrollar un análisis de necesidades tecnológicas consistente.

1.1. EL SECTOR ENERGÉTICO EN BOLIVIA

Tradicionalmente, en Bolivia la energía ha sido un importante elemento en el desarrollo económico nacional y el país se ha caracterizado por ser productor de hidrocarburos, lo que ha hecho que el marco energético en el cual éste se desenvuelve se torne vital para la economía nacional, considerando que las exportaciones energéticas en determinadas épocas de la historia reciente, han significado hasta un 35% de las exportaciones nacionales. En contraste, Bolivia se encuentra entre los países de menor consumo de energía per capita del continente, estimado en 2,69 BEP/habitante⁴ para 1995, cifra muy baja comparada con el consumo registrado en los países en vías de desarrollo y que implica una alta intensidad energética del PIB o una baja productividad de la energía por su uso ineficiente, que se acentúa más en el área rural. Pese a ello, la producción y el consumo de energía han crecido de manera paralela al PIB y a partir de 1993 el consumo de energía está por debajo de los niveles de crecimiento del PIB lo que implica una mejora en los niveles de eficiencia en el uso de energéticos, donde además se observa una tendencia de mayor crecimiento como consecuencia de la reactivación económica del país.

La importancia del sector energético de Bolivia y su peso relativo dentro de la economía nacional, en especial los hidrocarburos, se nota en la contribución a los ingresos totales del Tesoro General de la Nación (39,1% en 1992 y 44,8% en 1993) con una participación media en el periodo 1980 – 1994 del 41%. Los ingresos por exportación de hidrocarburos significaron el 28% en 1991, el 17,6% en 1992 y el 9,5% en 1994 sobre el total de exportaciones, decreciendo a partir de 1994 por efecto de la baja en el precio del gas natural y el incremento, además de la diversificación de las exportaciones no tradicionales, aunque se prevé un importante impacto económico en las finanzas nacionales debido al inicio de la exportación de gas natural al Brasil y otros acuerdos que se están actualmente concretando. Pese a lo anteriormente expresado, el sector tiene una participación pequeña en la estructura del Producto Interno Bruto (PIB), correspondiente a 4,3% para los hidrocarburos y 1,4% para la energía eléctrica en 1994.

La crisis de los años 80 en el país, tuvo como corolario las reducciones del producto, empleo e inversión pública, incrementándose la informalidad de la economía. Por esta razón en 1985 se inicia un proceso de ajuste fiscal profundo que tiene en la transferencia del sector estatal al sector privado a uno de sus procesos más significativos. En la primera fase, de 1992 a 1993, se realiza la privatización de 24 empresas estatales, proceso que representó un movimiento económico aproximado del 1% del PIB. La segunda fase se inició en 1995 e implicó la capitalización de las 6 empresas públicas más grandes del país (incluyendo la generación, transmisión y distribución de electricidad y la exploración, producción y transporte de hidrocarburos), además de la privatización de 72 empresas estatales, con las consideraciones de largo plazo destinadas a lograr un crecimiento sostenido como eje de acción (mayor eficiencia, inversión y ahorro interno).

El Sector Energético, en los últimos años, ha experimentado profundas reformas orientadas a optimizar la gestión de los recursos energéticos y a garantizar el suministro y normar las acciones de los agentes involucrados, con el fin de beneficiar a los

⁴ BEP referencial OLADE equivalente a $1,387 \times 10^3$ kcal.

consumidores finales. Los objetivos principales de estas reformas están dirigidos a establecer una mayor participación de la iniciativa privada sobre la base de la inversión de capitales y la competitividad en las operaciones de la industria energética, dejando el Estado sus tradicionales roles de inversionista y administrador y protegiendo el interés de los usuarios a través del Sistema de Regulación Sectorial que vela por el estricto cumplimiento de las disposiciones legales y garantiza el rendimiento de las inversiones.

Para el sector eléctrico se busca normar la participación de las empresas del sector y fomentar la competencia, desagregando las operaciones de generación, transmisión y distribución, además de limitar a las empresas del sistema interconectado a una sola de estas actividades, desarrollar nuevos mercados y ampliar el suministro energético hacia los consumidores del área rural contemplando la participación activa de los agentes económicos del sector público y del sector privado, desregular el sistema de precios donde la competencia lo permite, etc.; para el sector hidrocarburos se busca implementar sistemas modernos de concesión de áreas de exploración, convenios de negociación para la exploración, explotación y administración eficiente de todas las operaciones up-stream y down-stream típicas de esta industria, atracción de inversiones, desregulación del mercado petrolero, etc.

En este marco, el proceso de capitalización desarrollado en Bolivia representa un total de 1671 millones de \$US, equivalentes a un 24% del PIB. En el caso del sector energético, la capitalización significa una captación de recursos por 974,7 millones de \$US, correspondiendo al subsector hidrocarburos 834,8 millones de \$US y al sector de generación eléctrica 139,9 millones de \$US. Los impactos fiscales de esta reforma ya reflejan cifras significativas que muestran, en el caso del subsector eléctrico, un incremento de 77,3 millones de Bs. en 1994 a 146,6 millones de Bs. en 1996.

Las actividades del sector energía son diversas y entre ellas podemos citar la producción de hidrocarburos (48218,2 miles de BEP en 1995⁵), compuesta por petróleo-condensado, gasolina natural y gas natural, teniendo este último especial importancia por su actual volumen de exportación a los principales centros industriales del Brasil a través de un gasoducto de 3056 km. de longitud desde Río Grande en Santa Cruz (Bolivia) hasta Guararema (Sao Paulo) y Canoas en Porto Alegre (Brasil) que constituye un importante paso para la integración energética del Cono Sur. Por otra parte, entre las fuentes primarias de energía reviste importancia la biomasa, compuesta por leña, estiércol animal, bagazo (6331,5 miles de BEP en 1995) e hidroenergía (3297,9 miles de BEP⁶ en 1995)⁷. Entre las actividades de transformación de energía están las refinerías de productos de petróleo, las plantas de gas, las carboneras y la generación de energía eléctrica en centrales hidroeléctricas (32,36% en 1996) y en plantas termoeléctricas (67,64% en 1996) que utilizan principalmente gas natural, mientras que en las pequeñas plantas de los sistemas aislados de generación se utiliza el diesel y en el caso de los autoprodutores (ingenios azucareros y centros mineros) se emplea el bagazo y la hidroenergía.

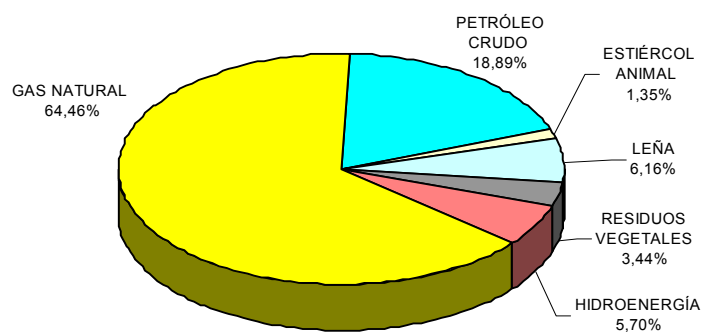
⁵*Balance Energético, 1983 - 1995. Sistema de Información en Energía.* Ministerio de Desarrollo Económico - Secretaría Nacional de Energía, 1995.

⁶ Se considera un rendimiento térmico de 0.27 (OLADE).

⁷*Balance Energético, 1983 - 1995. Sistema de Información en Energía.* Ministerio de Desarrollo Económico - Secretaría Nacional de Energía, 1995.

La estructura de producción de energía primaria del país en 1995 estaba compuesta por combustibles fósiles con 83,35% (gas natural 64,46% y petróleo crudo 18,89%), biomasa con 10,95% (leña 6,16%, estiércol animal 1,35% y residuos vegetales - bagazo 3,44%) e hidroenergía con 5,70% y totalizaba 57847,6 miles de BEP. De esta producción, el 24,75% fue exportado como gas natural (14315,5 miles de BEP), restando un porcentaje importante, el cual no se utilizó en su totalidad de manera efectiva, ya que la energía no aprovechada alcanzó a 14305,5 miles de BEP que representan el 24,73% de la producción primaria y estuvo constituida por la reinyección, quema y venteo y pérdidas de gas natural⁸.

Gráfico 1.1. Estructura de Producción de Energía, 1995.



Fuente: Elaboración propia.

La oferta total de energía en este año alcanzó a 59241,6 miles de BEP (incluyendo importaciones de diesel oil – 1394 miles de BEP), de este total se exportó 14317,5 miles de BEP, de los cuales el 99,99% corresponden al gas natural y el porcentaje restante a la electricidad. La energía no aprovechada alcanza a 17521,9 miles de BEP que representan el 29,58% de la oferta total y principalmente la constituyen 24,15% de reinyección, quema y venteo y pérdidas de gas natural, el 5,05% de consumo propio en procesos de transformación y el 0,38% de pérdidas en transmisión y distribución de electricidad⁹.

En este contexto, las importaciones tuvieron un incremento del 14,22% en el periodo 1993 – 1995, constituyéndose en el sector de mayor crecimiento, mientras las exportaciones presentaron un decremento del –1,67% en este mismo periodo.

En 1995 el consumo final nacional de energía alcanzó a 19969 miles de BEP, con un promedio de consumo per capita estimado de 2,69 BEP/habitante¹⁰, siendo la principal fuente de energía utilizada en Bolivia desde el punto de vista de la demanda, el diesel oil (3830,6 miles de BEP – 19,18% del consumo energético nacional en 1995), seguido por la leña (16,73%), la gasolina (16,19%), el gas natural (10,98%), el GLP (10,17%), el bagazo (9,22 %) y la electricidad (8,18%). Según cálculos propios, esta demanda de

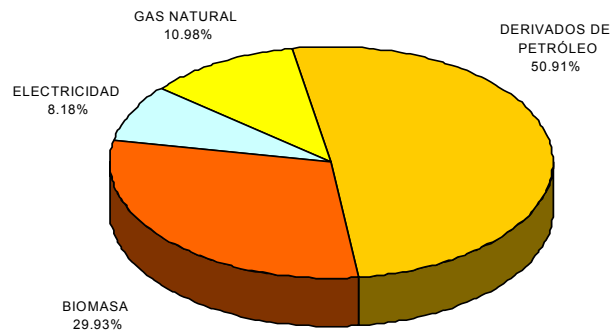
⁸ Idem.

⁹ Balance Energético, 1983 - 1995. Sistema de Información en Energía. Ministerio de Desarrollo Económico - Secretaría Nacional de Energía, 1995.

¹⁰ Idem.

energía se concentraba principalmente en los sectores de industria (32,95%), de transporte (32,41%) y residencial (27,40%), quedando el porcentaje restante distribuido entre las actividades comerciales (7,03%) y el sector agropecuario (0,21%)¹¹.

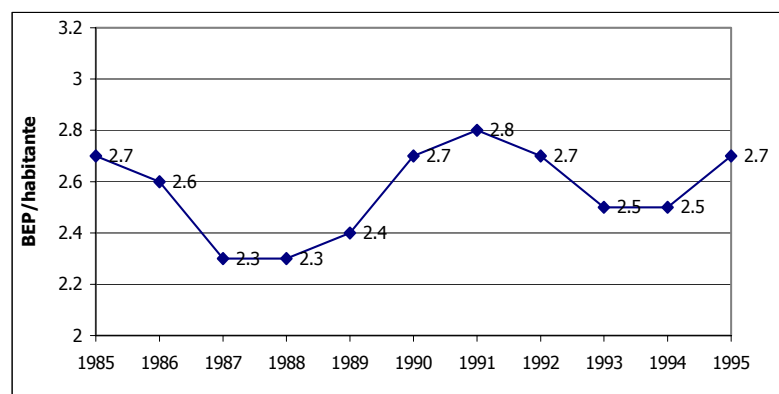
Gráfico 1.2. Estructura de Consumo Final de Fuentes Energéticas, 1995.



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento del consumo per cápita de energía en el periodo 1985 – 1995 se muestra en el Gráfico 1.3, donde se puede distinguir una disminución en el consumo hasta 1987, llegando a 2,3 BEP por habitante, coincidiendo esta disminución con el periodo de crisis económica del país. A pesar del incremento que se observa en los subsiguientes años, el consumo de energía per cápita resulta uno de los más bajos en el contexto de América Latina, siendo el consumo per cápita de 1995 igual al de 1985, aunque se prevé que en los últimos años este indicador haya crecido considerablemente por diversos factores, lo que se aprecia en el comportamiento del consumo interno final total de energía, el que denota un crecimiento del 7,05% anual entre los años 1993 – 1995.

Gráfico 1.3. Consumo Nacional Per Cápita (BEP/habitante), 1985 - 1995.



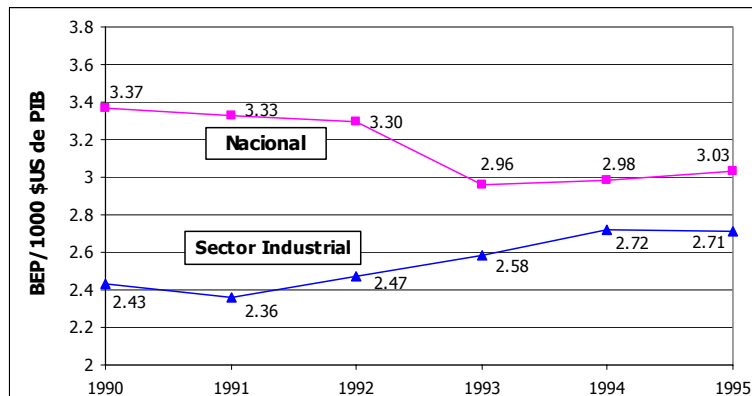
Fuente: Elaboración propia.

¹¹ Análisis de Opciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. MDSP – VMARNDP – Programa Nacional de Cambios Climáticos, 2000.

La intensidad energética en el país en 1995 alcanzó un valor de 3,03 BEP por cada 1000 \$US de PIB. En general, el crecimiento del PIB y del consumo de energía es paralelo, reduciéndose paulatinamente la intensidad energética hasta 1993. A partir de este año se observa un mayor consumo de energía en relación al PIB obtenido, uno de los responsables de este crecimiento del consumo de energía es el sector industrial debido a que en este sector la intensidad energética subió un 15% de manera constante a partir de 1991 hasta 1994, registrándose una leve baja en el periodo 1994 – 1995 porque el sector industrial estancó su crecimiento, lo que repercutió en el valor de la intensidad energética nacional.

Una explicación a esta mayor intensidad energética está relacionada con la expansión del sector en cuanto a capacidad instalada, la cual no habría alcanzado niveles de producción acordes con las nuevas capacidades aparejada al uso de tecnologías de uso de energía ineficientes. En el Gráfico 1.4 se observa la evolución de la intensidad energética para el periodo 1990 – 1995.

Gráfico 1.4. Intensidad Energética (BEP/1000 \$US de PIB), 1990 - 1995.



Fuente: Elaboración propia.

1.1.1 Subsector de Hidrocarburos

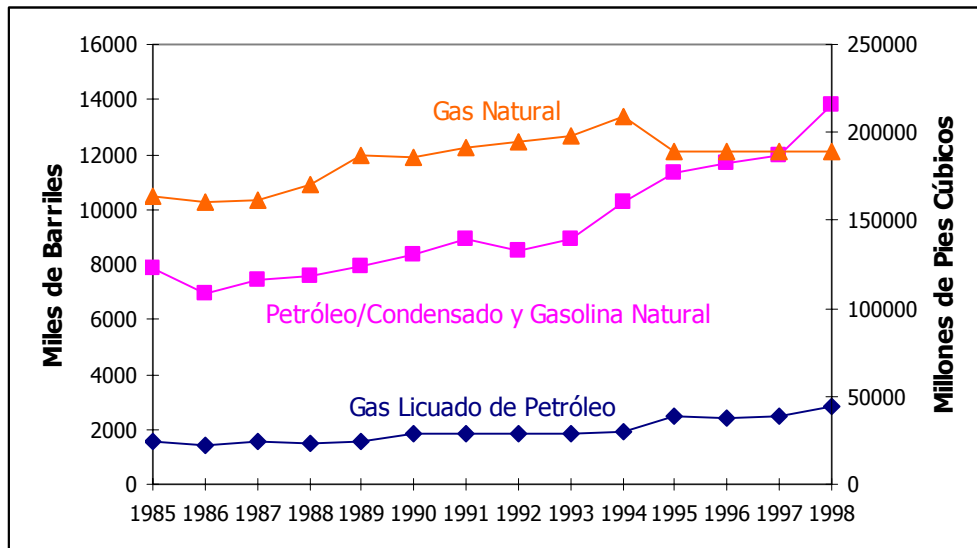
La actividad petrolera en Bolivia se desarrolló en marcos legales de constante evolución, adecuándose generalmente a modelos de legislación petrolera vigentes en países con mayor tradición y experiencia en la materia.

Después de 1990 el subsector de hidrocarburos se caracterizó principalmente por dos actividades, la exploratoria y la de desarrollo de nuevos campos, realizadas tanto por la empresa estatal Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos - YPFB, como por empresas privadas, que significaron importantes aportes al nivel de reservas probadas y probables. La producción de gas natural fue controlada y medida a partir de 1952, su utilización incipiente fue comenzada en la década de los años 60 con un consumo inicial de 1 millón de pies cúbicos por día (MMPCD). Actualmente, el consumo interno no sobrepasa los 135 MMPCD, la reinyección a los yacimientos 173 MMPCD y la quema/venteó los 47 MMPCD, alcanzando la producción los 519,5 MMPCD (1998).

La producción de petróleo / condensado y gasolina natural alcanzó a 13797 miles de barriles en 1998 en comparación a los 8367 miles de barriles de 1990. En cuanto a la

producción de gas natural, ésta alcanzó 189607 millones de pies cúbicos en 1998, después del pico de producción de 208976 millones de pies cúbicos de 1994 y la producción de 186297 millones de pies cúbicos de 1990¹² ¹³ ¹⁴. En el Gráfico 1.5 se puede observar el comportamiento histórico de la producción de hidrocarburos en Bolivia en el periodo 1985 –1998.

Gráfico 1.5. Producción de Petróleo / Condensado y Gasolina Natural (Miles de Barriles), Producción de Gas Licuado de Petróleo (Miles de Barriles) y Producción de Gas Natural (Millones de Pies Cúbicos), 1985 - 1998.



Fuente: Elaboración propia.

La capacidad nominal instalada de refinación del país en 1995 era de 27300 barriles por día en la Refinería Gualberto Villarroel de Cochabamba, 15000 barriles por día en la Refinería Guillermo Elder de Santa Cruz (con una ampliación de 5000 barriles por día puesta en marcha en 1996) y 3000 barriles por día en la Refinería Carlos Montenegro de Sucre. La carga total de petróleo crudo - condensado y gasolina natural para industrialización en refinerías en 1990 fue de 9063,8 miles de barriles, mientras en 1995 alcanzó a 11349,5 miles de barriles y a 12000,5 miles de barriles en 1996, procesando 31094,5 y 32788,2 barriles por día respectivamente en 1995 y 1996.¹⁵ ¹⁶ Todas estas refinerías ingresaron al proceso de privatización y desde finales del año 2000 son administradas y operadas por capitales extranjeros.

La infraestructura industrial incluye plantas de tratamiento de gas localizadas en Río Grande, Colpa, Camiri y Vuelta Grande, las que en 1995 tenían una capacidad instalada de producción de GLP de 750 t/día. En 1997 se puso en marcha una nueva planta en Carrasco con una capacidad de 166,1 t/día y posteriormente otras plantas y facilidades en

¹² *Actividad Petrolera en Cifras 1986 - 1995*. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 1996.

¹³ *Informe Estadístico 1996*. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 1996.

¹⁴ *Resumen Mensual Nacional de Producción de Hidrocarburos*. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 1998.

¹⁵ *Actividad Petrolera en Cifras 1986 - 1995*. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 1996.

¹⁶ *Informe Estadístico 1996*. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 1996.

Sirari, Vibora, San Roque, Yapacani y Paloma. La producción de GLP en estas plantas y otras facilidades en 1996 fue de 2435,4 miles de barriles. En 1998 alcanzó a 2812,3 miles de barriles y la producción de gasolina natural en plantas y otras facilidades en 1996 fue de 1000,9 miles de barriles mientras que en 1997 alcanzó a 959,7 miles de barriles¹⁷ ¹⁸. Así mismo, existen plantas de inyección de agua en Camiri y Monteagudo, con una capacidad instalada de 30000 barriles por día.

Hasta 1996 la infraestructura de transporte de hidrocarburos constaba de oleoductos, poliductos, gasoductos y propanoductos que abarcaban gran parte del país, con un total aproximado de 6000 km. de longitud y una capacidad de transporte de 286000 barriles por día de líquidos y 707 millones de pies cúbicos por día de gas natural. Esta red de transporte ha sido ampliada en los últimos años con el propósito de incorporar la producción de nuevos campos, que se han descubierto principalmente en áreas no tradicionales, a la corriente de producción global del país y que continuará en expansión para llegar a los departamentos que aún no están integrados a la infraestructura de transporte y los destinados a la exportación de gas natural, hacia Sao Paulo, el recientemente concluido hacia la termoeléctrica de Cuiaba y para las termoeléctricas de Puerto Suárez y Corumba.

En 1996 el valor de las ventas anuales de derivados en el mercado interno, asciende a los 522,4 millones de \$US y de gas natural a 41,9 millones de \$US. Entre estos productos, el 41,4% corresponde a la gasolina automotriz, el 38% al diesel oil, el 9.8% al GLP, el 6.8% al jet fuel y la gasolina de aviación y el 4% a otros productos. Merece destacarse el decrecimiento de la participación de la gasolina automotriz en la canasta de derivados¹⁹ de un 38% al 30% en el periodo 1990 – 1996. Por otra parte, el diesel oil incrementa su participación en este mismo periodo del 31% al 41%. En esta etapa, la comercialización de gasolina tiene una tasa de crecimiento promedio anual del 1,54%, mientras que la comercialización de diesel oil crece a un promedio anual del 10,24%.

La Reforma del Subsector de Hidrocarburos

A partir de 1985 se inicia un proceso de reajuste tanto en el orden interno como externo en el país y se introducen nuevos instrumentos de política económica para la administración del sector público en el marco de la competencia y de la economía de libre mercado. En este nuevo contexto, los hidrocarburos consolidan su rol indispensable en el desarrollo económico y social del país, entre los que podemos citar los siguientes:

- La relación que guarda con la producción en general por la cobertura de la demanda de energéticos a los distintos sectores económicos del país.
- Su participación en el comercio exterior donde los hidrocarburos soportan la baja de la actividad minera exportadora, constituyéndose en la fuente más concreta de recursos externos.

¹⁷ Idem.

¹⁸ *Resumen Mensual Nacional de Producción de Hidrocarburos*. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 1998.

¹⁹ La canasta de derivados incluye la gasolina automotriz, la gasolina de aviación, el GLP, el kerosene, el jet fuel, el diesel oil, el fuel oil y otros de menor demanda como el éter, el hexano, el propano y el solvente.

- En la política fiscal del gobierno por el nivel de financiamiento del presupuesto general de la nación, cuya fuente más importante se encuentra en los impuestos, regalías a los departamentos productores y las transferencias al Tesoro General de la Nación.

Para alcanzar un desarrollo importante del potencial de los hidrocarburos se debía garantizar un marco jurídico estable, un mercado para la producción y los recursos necesarios para el desarrollo de los campos hidrocarburíferos del país. En este marco, la nueva Ley de Hidrocarburos establece un marco jurídico regulatorio competitivo, estable y atractivo para las inversiones en toda la cadena de la industria, los gasoductos al Brasil vinculan la producción boliviana con el mercado brasileño y la capitalización de YPFB provee los recursos financieros necesarios para el desarrollo de los campos, mejoramiento de los ductos y aportes a las compañías transportadoras de gas, tanto en el lado boliviano, como en el brasileño. De esta manera, la reforma del sector logró la atracción masiva de capitales de riesgo, el desarrollo de la industria y la implementación del proyecto de integración gasífera más importante de América Latina.

Como resultado de la Capitalización de las unidades de negocio de YPFB referidas a dos empresas de exploración y producción, así como la de transporte, en diciembre de 1996 se obtuvo un total de 834,8 millones de \$US como valor de capitalización y 340,2 millones de \$US como deuda externa de YPFB transferida, de los cuales 306,6 millones de \$US corresponden a la capitalización de Chaco S.A.M. y 59,8 millones de deuda transferida a la capitalizadora Amoco, 264,7 millones de \$US a la capitalización de Andina S.A.M. y 58,3 millones de deuda transferida a la capitalizadora YPF/Pérez Companc/Pluspetrol y 263,5 millones de \$US corresponden a la capitalización de TransRedes y 222,1 millones de deuda transferida a la capitalizadora Enron/Shell.

A través de esta operación, las empresas Chaco, Andina y TransRedes pasaron a propiedad en un 50% a cada una de las capitalizadoras. Los recursos aportados por cada una de ellas deben ser invertidos, de acuerdo a un plan a ser sometido a aprobación de la Superintendencia de Hidrocarburos, en actividades propias de operación de cada una de ellas. En los casos de las empresas de upstream (Chaco y Andina), se suscribieron además contratos de compra - venta de GLP, de petróleo a las refinerías de YPFB, de gas natural para el mercado interno, así como de suministro al volumen de exportación a la Argentina. Por otra parte, TransRedes incorporó al paquete de ductos nacionales, el nuevo oleoducto Carrasco – Valle Hermoso, así como la administración de la terminal petrolera de YPFB en el puerto de Arica en el Pacífico. Adicionalmente, por el contrato de asociación suscrito con YPFB para el gasoducto al Brasil. De esta manera, se estructuró un cuasi monopolio de la infraestructura de transporte existente, tanto para crudo como para gas natural, en favor del sector privado.

Las actividades de refinación que hasta el año 2000 fueron ejecutadas por YPFB, también entraron a un proceso de privatización por el cual aproximadamente se obtuvieron 100 millones de \$US por las refinerías Gualberto Villarroel y Guillermo Elder (las más importantes del país), mientras la refinería Carlos Montenegro será operada por una empresa de oportunidad conformada por ex-trabajadores de YPFB. En lo referido a la comercialización al por mayor de hidrocarburos, a partir del 2001 ésta será ejecutada por seis empresas privadas que se adjudicaron este servicio a escala nacional, mientras YPFB solo prestará servicios técnicos y comerciales para la exploración, explotación y

comercialización de hidrocarburos, mientras la importación, la exportación y la comercialización interna de hidrocarburos y sus productos derivados es libre, exceptuándose los volúmenes requeridos para satisfacer el consumo interno de gas natural y para cumplir con los contratos de exportación pactados por YPF, los cuales serán establecidos periódicamente por la Superintendencia de Hidrocarburos.

De esta manera, las empresas adquieren el derecho de prospectar, explotar, extraer, transportar, refinar, industrializar y comercializar la producción obtenida, no estando obligadas a satisfacer el mercado interno y exportar el crudo excedente, como era antes la norma. Por otra parte, los productores tienen el derecho de construir y operar nuevos ductos para el transporte de su propia producción y la de terceros, con algunas excepciones, estando el transporte de hidrocarburos y derivados por ductos regido por el libre acceso.

Todo el proceso de reforma busca generar mayor competencia y participación del sector privado en los sectores de petróleo y gas, estableciendo claramente la separación entre funciones reguladoras y empresariales del Estado. En este sentido, el Sistema de Regulación Sectorial (SIRESE) norma toda la cadena de la industria de hidrocarburos.

En este marco, el transporte de hidrocarburos y la distribución de gas natural por redes será objeto de concesión administrativa por la Superintendencia de Hidrocarburos. En el caso de la distribución de gas natural por redes, definida como servicio público, la concesión se otorgará mediante licitación pública, en coordinación con los Gobiernos Municipales. De igual manera la refinación e industrialización de hidrocarburos, así como la comercialización de sus productos, podrá ser realizada mediante su registro en esta Superintendencia.

1.1.2 Subsector de Generación de Energía Eléctrica

Desde los años 80 hasta la actualidad el sector muestra una evolución creciente, donde ha existido una recuperación del consumo, coincidente con importantes medidas tarifarias, como la indexación de las tarifas al dólar norteamericano en 1987. Por otra parte el Estado se subrogó parte de la deuda a largo plazo de la Empresa Nacional de Electricidad - ENDE (aproximadamente 90 millones de \$US), caracterizando a esta época como de recuperación sectorial. La industria eléctrica presentaba un alto grado de integración vertical hasta 1994, debido a que ENDE operaba la generación y transmisión de energía. En los departamentos de La Paz y Oruro, COBEE generaba, transmitía y distribuía su propia energía y compraba a ENDE cantidades importantes para poder atender a su mercado, lo que significaba que estas dos compañías controlaban el 94% de la generación a escala nacional.

En 1995 las fuentes energéticas primarias para la producción de energía eléctrica en el país estaban constituidas por la hidroenergía (43,6%), el gas natural (51,9%), los derivados del petróleo (2%) y el bagazo (2,5%), existiendo un potencial energético en recursos geotérmicos en etapa de experimentación. El petróleo no era utilizado directamente para producir electricidad, pero sí el diesel oil en los sistemas aislados y en muy pequeñas cantidades la gasolina. Del total de la energía primaria producida, el gas natural utilizado para generar electricidad representó el 6,8% en 1995, mientras el recurso

de la hidroenergía fue aprovechado con la exclusiva finalidad de generar energía eléctrica representando en 1995, el 5,7% del total de energía primaria producida (asignando a la generación hidroeléctrica un rendimiento equivalente de generación termoeléctrica del 27% según criterios de OLADE). En términos energéticos el equivalente calórico de todos los recursos energéticos empleados para la producción de energía eléctrica en 1990 alcanzó a 5128,9 miles de BEP y en 1995 a 7563,4 miles de BEP, representando respectivamente el 9,62% y el 13,07% de la energía primaria del país (se incluye una pequeña contribución de diesel oil y de gasolinas que son energías secundarias)²⁰.

El Sistema Eléctrico de Bolivia cuenta con el Sistema Interconectado Nacional (SIN) que abastece los requerimientos de las principales capitales y poblaciones adyacentes a los departamentos de La Paz, Oruro, Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Santa Cruz; los Sistemas Aislados (SA) que no están conectados al SIN y que operan en las ciudades de Tarija, Trinidad, Cobija y otras ciudades intermedias como Yacuiba, Villamontes, Bermejo, Guayaramerín, Riberalta, Camiri y los Valles Cruceños; los Sistemas Aislados Menores (SAM), cuya capacidad instalada efectiva es menor a 1 MW y que está conformado por pequeñas cooperativas de servicios eléctricos en poblaciones menores, entre las cuales destacan Caranavi, Guanay, Tipuani, Camargo, Cotagaita, Villazón, Magdalena, Reyes, San Ramón, Yacuma, San Javier, San Ignacio de Velasco y Roboré; y los Autoprodutores, que generan principalmente para satisfacer los requerimientos de su propia demanda de electricidad, entre los cuales destacan YPFB y la Corporación Minera de Bolivia (que en la actualidad debido a su capacidad instalada, en parte se ha transformado en una empresa de generación eléctrica), además de algunos ingenios azucareros y otros que están conectados al SIN.

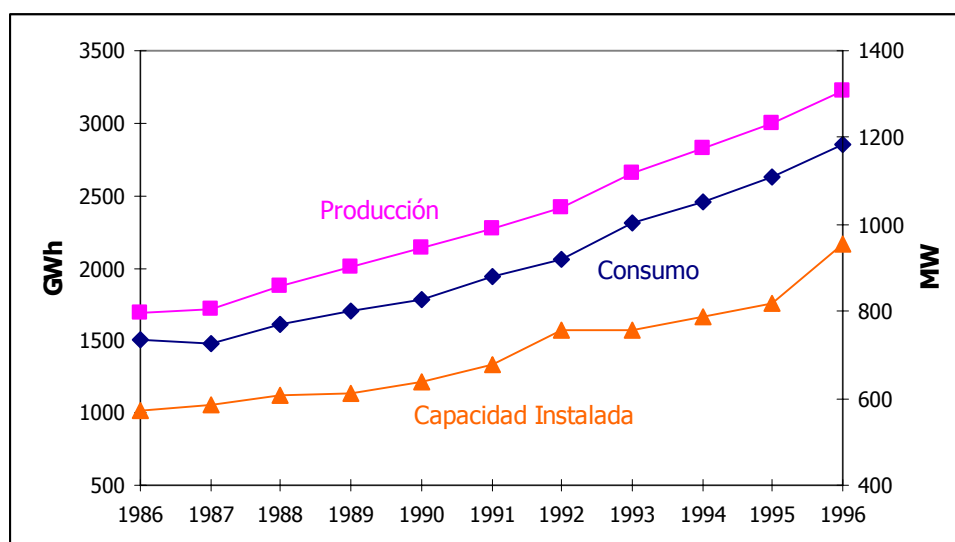
La capacidad instalada en equipamiento para la generación de energía eléctrica a escala nacional en 1990 era de 636,02 MW, mientras a fines de 1996 ésta alcanzó los 954,0 MW²¹ con una producción de energía eléctrica de 3224 GWh y ventas de aproximadamente 2854 GWh²². Respecto a 1995, estas cifras registran tasas de crecimiento del 16,8%, 7,3% y 8,4% respectivamente y donde la cobertura del servicio de suministro de electricidad alcanzó aproximadamente al 54% de la población boliviana. En los últimos años estas cifras han sufrido un incremento por la puesta en operación de las Plantas de Carrasco (110 MW de potencia instalada), la planta de Bulo Bulo (84 MW), la ampliación de Guaracachi (122 MW de potencia instalada) y la ampliación de COBEE (37 MW aproximadamente), además de otros emprendimientos energéticos como el de Río Eléctrico con 20 MW (en base a una antigua planta de Comibol) y en un futuro cercano Taquesi con 84 MW.

²⁰ *Balance Energético, 1983 - 1995. Sistema de Información en Energía.* Ministerio de Desarrollo Económico - Secretaría Nacional de Energía, 1995.

²¹ Según el Plan de Expansión del Sistema Interconectado Nacional - Período 1995 – 2005 (Empresa Nacional de Electricidad S.A. - ENDE, 1995), se tenía previsto su ampliación hasta 1,393.4 MW en el año 2005.

²² *Anuarios Estadísticos del Sector Eléctrico Boliviano 1995 y 1996.* Ministerio de Desarrollo Económico – Viceministerio de Energía e Hidrocarburos, 1996, 1997.

Gráfico 1.6. Producción y Consumo de Energía Eléctrica en Bolivia (GWh) y Capacidad Instalada de Generación de Energía Eléctrica (MW), 1986 - 1996.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de los Anuarios Estadísticos del Sector Eléctrico Boliviano 1995 y 1996.

En 1996 la estructura de consumo de energía eléctrica en el país, mostraba que el 41,49% correspondía a la categoría residencial, el 14,75% a la general (comercial), el 26,07% a la industrial, el 4,31% al alumbrado público, el 13,28% a la minería y el 0,10% a la exportación. En esta estructura participaban el SIN con el 88,75%, los SA con el 4,24%, los SAM con el 1,19% y los autoprodutores con el 5,82%²³.

Entre los años 1986 y 1996 la capacidad instalada de generación en Bolivia se incrementó en un 67,1%, con una tasa anual media de crecimiento del 5,3% (hidroeléctrica del 0,2% y termoeléctrica del 9,1%), mientras la producción de energía eléctrica en este periodo creció con una tasa anual media del 6,6% (hidroeléctrica del 2,3% y termoeléctrica del 12,7%) y se incrementó en un 90,3%. La evolución del consumo de energía eléctrica en el periodo 1986 – 1996, muestra una tasa anual de crecimiento del 6,7%, con un crecimiento relativamente acelerado en las categorías de alumbrado público (11,3%), general (9,0%), industrial (7,9%) y residencial (7,0%)²⁴.

En la evolución histórica del equipamiento de generación de energía eléctrica a escala nacional, se puede observar la mayor importancia que asume el tipo de generación termoeléctrica respecto a la de tipo hidroeléctrica en estos últimos años. En 1990 a escala nacional, la generación termoeléctrica (turbinas y motores a gas y diesel) representaba el 51,43% (327,12 MW), mientras que la hidroeléctrica (centrales de pasada y embalse) el 48,57% (308,9 MW) y en 1996 representaban el 67,75% (646,3 MW) y el 32,25% (307,7 MW) respectivamente. En este contexto, en 1996 el 45,29% del total de la producción

²³ Idem.

²⁴ Anuarios Estadísticos del Sector Eléctrico Boliviano 1995 y 1996. Ministerio de Desarrollo Económico – Viceministerio de Energía e Hidrocarburos, 1996, 1997.

eléctrica de Bolivia fue generada por centrales hidráulicas y el 54,71% por centrales térmicas.

Del total de la potencia instalada, el servicio público en 1990 representaba aproximadamente el 83% con 525,2 MW (ENDE, COBEE, otros servidores públicos) y la autoproducción el 17% restante con 107,9 MW, con una producción total de 2132,6 GWh, mientras que en 1996 éstas representaban el 88,7% con 846,1 MW y el 11,3% con 107,9 MW.

Tabla 1.1 Producción de Electricidad en Bolivia (GWh), 1996.

| SISTEMA | Generación Hidráulica | Generación Termoeléctrica | Total | Participación |
|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------|----------------|
| Sistema Interconectado Nacional | 1381 | 1455 | 2836 | 87,97 % |
| Sistemas Aislados | 26 | 120 | 146 | 4,53 % |
| Sistemas Aislados Menores | 11 | 42 | 53 | 1,64 % |
| <i>Total Servicio Público</i> | <i>1418</i> | <i>1617</i> | <i>3035</i> | <i>94,14 %</i> |
| Autoproducción (*) | 42 | 147 | 189 | 5,86 % |
| Total País | 1460 | 1764 | 3224 | 100% |
| Participación | 45,29 % | 54,71 % | 100 % | |

(*) Valores estimados

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los Anuarios Estadísticos del Sector Eléctrico Boliviano 1995 y 1996.

Como se analizó anteriormente, el servicio eléctrico de Bolivia se basa en el Sistema Interconectado Nacional (centro-sur-norte-oriente) que está a cargo de las centrales de generación que pertenecen a Corani S.A., Guaracachi S.A., Valle Hermoso S.A. (ex ENDE) y COBEE y eventualmente las ventas de excedentes de la central de Río Yura de la empresa minera COMIBOL (hoy empresa Río Eléctrico, que en 1996 alcanzaron a 17.2 GWh), YPFB que actualmente genera exclusivamente para consumo propio y algunos ingenios azucareros. A finales de 1996, la capacidad de generación de este sistema alcanzó a 760,6 MW, que representa el 79,73% de la capacidad instalada nacional, de la cual el 35,54% es hidroeléctrica y el 64,46% es termoeléctrica. La producción de energía eléctrica del SIN en 1996 alcanzó a 2836 GWh que representan aproximadamente el 88% del total del país, de los cuales el 30% fue generado por COBEE, el 19% por Corani S.A., el 36% por Guaracachi S.A. y el 15% por Valle Hermoso S.A. En este marco, en 1998 las cuatro empresas privadas de generación tenían 839,1 MW de potencia instalada (el 80,5% del total del país) y generaron 3272 GWh en el SIN.

La participación de los consumidores residenciales en el consumo total para 1996 es de 42%, seguido de la categoría industrial con un 20% y la categoría general con un 16%. El número total de consumidores a diciembre de 1996 alcanzó a 697073 con una tasa de crecimiento del 7% respecto a 1995. La tarifa promedio de distribución de las empresas, pagada por los consumidores finales fue de 7,19 c de \$US/kWh (incluye IVA e IT), representando el 11,5% superior al año 1995. El nivel más alto de pérdidas de energía fue

registrado en el sistema Capinota de Elfec (19,9%) y el menor en Ende (0,6%) con un promedio del 8,5%²⁵.

Parte importante del servicio eléctrico en Bolivia lo constituyen los Sistemas Aislados, cuya capacidad instalada a diciembre de 1996 fue de 54,8 MW, con una tasa de crecimiento del 19,4% respecto al año 1995. La capacidad instalada en los SA representa el 6% del total del país, donde aproximadamente el 15% es hidroeléctrica y el 85% es termoeléctrica. La producción de energía eléctrica en 1996 fue de 146,31 GWh, representando aproximadamente el 4,5% del total de energía del país, con una tasa de crecimiento del 9,8% respecto a 1995 y una demanda máxima de 35,7 MW. De la energía generada en los SA, aproximadamente el 18% es hidroeléctrica y el 82% es termoeléctrica. Las ventas de energía en el año 1996 alcanzaron a 120,6 GWh, con una tasa de crecimiento del 10% respecto a 1995, de los cuales el 64,5% corresponde a la categoría residencial, el 15,7% a la general, el 9,1% a la industrial, el 7,4% al alumbrado público y el 3,3% al especial.

El número total de consumidores a diciembre de 1996 en los SA alcanzó a 71486 y la tarifa promedio de distribución de las empresas, pagada por los consumidores finales, fue de 13,23 c de \$US/kWh (incluye IVA e IT). El nivel más alto de pérdidas de energía fue registrado en el sistema Entre Ríos de Setar (29,9%) y el menor en Cobija (11,7%), con un promedio del 20,1%²⁶.

Los Sistemas Aislados Menores tienen una estructura organizativa de tipo cooperativo y casi exclusivamente utilizan diesel oil como combustible. En el país existen aproximadamente 100 cooperativas, de las cuales sólo 25 enviaron información en 1996. En este año la potencia instalada de estas 25 cooperativas era de 13,95 MW, la demanda máxima referencial de 7,03 MW y la generación de energía alcanzó a 24,26 GWh, mientras las ventas fueron de 17,26 GWh²⁷. El número total de consumidores a diciembre de 1996 alcanzó a 22159 y la tarifa promedio a los consumidores finales fue de 21,61 c de \$US/kWh (incluye IVA e IT). El nivel más alto de pérdidas de energía fue registrado en la cooperativa de San Ignacio de Moxos (55,8%) y el menor en la cooperativa 31 de Marzo (0%), con un promedio general del 25%²⁸.

Los Autoprodutores son sistemas que generan principalmente para satisfacer sus propios requerimientos de energía eléctrica sobre la base de energía hidráulica y térmica (gas natural, diesel oil y biomasa). En estos sistemas se encuentra aproximadamente el 11,3% de la capacidad instalada y el 5,9% de la producción de electricidad en Bolivia. Existen tres autoprodutores conectados al SIN, YPFB con centrales termoeléctricas, COMIBOL con centrales hidroeléctricas, la cual vende sus excedentes al SIN y el ingenio UNAGRO que vende sus excedentes ocasionalmente. Adicionalmente, se cuenta con una variedad de autoprodutores en sistemas aislados pertenecientes a ingenios azucareros y campamentos mineros.

²⁵ *Anuarios Estadísticos del Sector Eléctrico Boliviano 1995 y 1996*. Ministerio de Desarrollo Económico – Viceministerio de Energía e Hidrocarburos, 1996, 1997.

²⁶ Idem.

²⁷ Se estima que el total de la capacidad instalada de otras cooperativas alcanza a 11.51 MW y la energía generada a 22 GWh.

²⁸ *Anuarios Estadísticos del Sector Eléctrico Boliviano 1995 y 1996*. Ministerio de Desarrollo Económico – Viceministerio de Energía e Hidrocarburos, 1996, 1997.

La Reforma del Subsector de Generación de Energía Eléctrica

Las necesidades de la reforma del sector eléctrico nacen a partir de la identificación de los siguientes problemas sectoriales:

- Tarifas distorsionadas cuyos niveles y estructuras no reflejan los costos económicos del servicio.
- Falta de claridad jurisdiccional entre el Gobierno y los Municipios.
- Marco regulatorio débil, sin independencia de gestión ni autonomía presupuestaria.
- Carencia de incentivos para atraer capital privado y promover la competencia.

Estas reformas se manifiestan en el reordenamiento institucional, encargando la regulación del sector a la Superintendencia de Electricidad y responsabilizando al Comité de Despacho de Carga de la coordinación de operación del SIN. Por otra parte, se manifiestan en la reforma regulatoria, la cual desintegra la industria eléctrica en los niveles horizontal y vertical en generación, transmisión y distribución, donde las empresas se dedican a una sola de estas actividades en el SIN, a excepción de los sistemas aislados. Además desregulan los precios de la energía eléctrica al nivel de generación para los contratos de largo plazo, estableciendo sistemas de peajes y tarifas de transmisión y regulando tarifas al consumidor cautivo. Finalmente, se manifiestan en la reforma empresarial y legal, que capitaliza ENDE, adecuando las estructuras empresariales a las disposiciones de la nueva Ley de Electricidad, la que es promulgada sobre la base de los principios de eficiencia, calidad, continuidad, adaptabilidad, neutralidad y utilidad pública y promulgando las Leyes de Capitalización y de Regulación Sectorial.

De acuerdo a lo estipulado por la Ley de Electricidad, el Mercado Eléctrico Mayorista está integrado por generadores, transmisores, distribuidores y consumidores no regulados, los que deberán efectuar operaciones de compra - venta y transporte de electricidad en el SIN. Este mercado compuesto por el Mercado de Contratos y el Mercado de Spot deberá ser administrado por el Comité Nacional de Despacho de Carga y los contratos entre los agentes del mercado que son libres en cuanto a duración, condiciones y precios.

En cuanto a la estructura propietaria las empresas que participan en el SIN, tienen límites para participar en la propiedad de empresas destinadas a actividades distintas a la de la empresa en cuestión, de manera que una empresa generadora no podrá participar en la propiedad de la empresa transmisora o de una distribuidora, o viceversa. Por otra parte, las restricciones fijadas por Ley se refieren a que una empresa de generación no podrá tener más del 35% de la capacidad instalada en el SIN. Las empresas de distribución en forma excepcional podrán tener derechos propietarios en generación de electricidad basada en energías renovables, en la medida que sus instalaciones no tengan una capacidad superior al 15% de la demanda máxima de su sistema de distribución.

Con relación a los principios para la fijación de precios de electricidad establecidos, se menciona que la misma será valorizada al nivel de generación según los costos marginales de corto plazo para los intercambios entre generadores en tanto que es desregulada para los contratos a largo plazo. Al nivel de transmisión se utilizarán costos promedios de transmisión de sistemas económicamente adaptados, mientras que en

distribución se fijarán topes utilizando criterios contables y tasas de retorno según el comportamiento de empresas de utilidad pública que coticen acciones en la Bolsa de valores de Nueva York y que figuren en el índice Dow Jones.

La capitalización de ENDE representa la incorporación de capitales privados en una de las empresas estatales del sector energético con mejor desempeño financiero, administrativo, técnico y de calidad de servicio. El aporte privado a las tres unidades de negocio referidas a la generación alcanza a 139,8 millones de \$US, de los cuales 58,8 millones de \$US corresponden a Corani S.A. capitalizada por Dominion Energy (EE.UU.), 47,1 millones de \$US corresponden a Guaracachi S.A. capitalizada por Energy Initiatives (EE.UU.) y 33,9 millones de \$US corresponden a Valle Hermoso S.A. capitalizada por Constellation Energy (EE.UU.). En 1997 ENDE transfirió como resultado de un proceso licitatorio de venta las acciones de la unidad de negocio referido a la transmisión, que incluye las líneas del SIN al grupo español Unión Fenosa Desarrollo y Acción S.A., por un valor de 39,99 millones de \$US. En lo referido a COBEE y su adecuación a la nueva estructura empresarial, el principal accionista de dicha compañía transfirió acciones al consorcio Liberty Power – Cogentrix Bolivia Inc., el que posteriormente vendió su propiedad al grupo Iberdrola de España en lo que se refiere a distribución y al consorcio NRG de EE.UU. (40%) y a Wattenfall de Suecia (60%) en lo concerniente a las unidades de generación.

En el contexto de la capitalización, las diferentes empresas capitalizadoras tienen compromisos de inversión por el monto de suscripción (139,8 millones de \$US en total) en capital para generación (90%) y capital de operación (10%) en un lapso de 7 años. Por otra parte, COBEE estima una inversión de 87,1 millones de \$US en la ampliación y mejora del sistema de generación de Zongo, con un incremento de 65,6 MW en su capacidad instalada (59%). Adicionalmente, la Superintendencia de Electricidad ha otorgado varias licencias de generación y licencias provisionales para estudios de generación en diferentes regiones del país.

Los mercados eléctricos de los países vecinos están alejados de las fuentes de energía de Bolivia y la venta de gas a estos países excluye la venta de energía eléctrica, por razones económicas, de costo, de escala y de autonomía energética relativa de los clientes. Sin embargo, un proyecto muy importante para abastecer el mercado brasileño de Cuiaba, se ha concretado con la variante de construcción de un gasoducto para poder suministrar gas natural a una planta generadora en lado brasileño. Por otra parte, en el marco de los acuerdos con Argentina se continúan las negociaciones para la instalación de 300 a 350 MW hidroeléctricos en el río Bermejo con fines de exportación.

Las Reformas en Energía Rural y Eficiencia Energética

Entre los principios de las reformas se ha definido que la electrificación rural será responsabilidad del Estado, en caso de no poder ser realizada por la iniciativa privada, por esta razón se ha desarrollado la Estrategia Nacional de Energía Rural, la cual busca incrementar la cobertura del suministro energético, disminuir la presión sobre el medio ambiente y activar los mercados energéticos rurales, promoviendo proyectos energéticos sostenibles y potenciando los servicios básicos del área rural con la provisión de energía. Los pilares de esta estrategia están definidos por el *co-financiamiento* que busca canalizar

recursos estatales y privados (comerciales y no comerciales) para las inversiones en energía rural, una *base tecnológica* ampliada para el suministro energético que incorpora a las energías renovables en la matriz energética rural y la *gestión de la demanda*, por la cual se crean condiciones para la atención de las demandas energéticas, concertadas y priorizadas al nivel de usuarios, así como su canalización y satisfacción. Producto de esta estrategia se ha diseñado el Programa Nacional de Energía Rural (PRONER) y el Plan Indicativo Nacional de Electrificación Rural, para identificar los mercados energéticos rurales en función al grado de desarrollo sub-regional y micro-regional, permitiendo señalar las posibilidades y alternativas de suministro de energía eléctrica a los municipios a mediano plazo, enmarcar las demandas energéticas de los municipios en conceptos técnicos y financieros que garanticen sostenibilidad y crecimiento, además de cuantificar y programar las inversiones necesarias.

Adicionalmente, la Ley de Electricidad prevé la existencia de sistemas eléctricos integrados (generación, transmisión y distribución), lo que permite con mayor flexibilidad la instalación de plantas generadoras (microcentrales hidráulicas, generadores eólicos) en sistemas rurales aislados.

Por otra parte, la Estrategia Nacional de Eficiencia Energética postula como objetivo general promover la utilización eficiente de la energía y participar en la preservación del medio ambiente. De esta manera se plantea a largo plazo mejorar los niveles de eficiencia energética y establecer condiciones de funcionamiento racional de los distintos sectores con relación a la producción, distribución y consumo de energía, optimizando el uso de recursos económicos y financieros en la gestión energética. Los principios básicos de esta estrategia son el *equilibrio* entre el potencial energético del país y su aprovechamiento racional, la *sostenibilidad* para mitigar o minimizar el impacto ambiental de las actividades vinculadas a la cadena energética y la *transparencia y neutralidad* para el establecimiento de regulaciones, normas y procedimientos que gobiernen la gestión energética.

En este sentido, la Ley de Electricidad promueve indirectamente el beneficio energético a través de la fijación de la eficiencia económica como parámetro fundamental de la actividad eléctrica del país. Además, todos los aspectos de desregulación del mercado que tenderán a colocar las tarifas en valores reales, redundarán positivamente en el aumento de competitividad de actividades de eficiencia energética, así como en la introducción de nuevas tecnologías energéticas más eficientes y ambientalmente limpias.

Adicionalmente, el marco jurídico de las reformas ofrece otras posibilidades para activar la electrificación rural, es así que la Ley de Descentralización establece en su reglamentación que las prefecturas se encargarán de la electrificación rural, responsabilidad que se entiende como la promoción de las políticas y estrategias del gobierno central en esta temática, posibilitándose el co-financiamiento de proyectos que se identifiquen en las regiones. Por otra parte, el aprovechamiento del potencial energético renovable será posible si existe la presencia de condiciones socioeconómicas adecuadas que permitan el funcionamiento del sistema y que garanticen que los proyectos tengan la factibilidad necesaria (social, técnica y económica) para que dicho sistema sea sostenible en el tiempo. De esta manera, se espera que puedan ser más fácilmente superados los problemas de dinamización de procesos de energización rural que se originaban en la baja capacidad de inversión por parte de los habitantes del sector rural, la

poca presencia efectiva del Estado y del sector privado (bancos, empresas de servicios, etc.), la dificultad de plantear esquemas institucionales sostenibles y la inexistencia de estrategias más o menos coherentes en el sector.

1.1.3 Emisiones de GEI Provenientes del Sector Energético

Como se dijo anteriormente, las emisiones de gases de efecto invernadero originadas por los diferentes sectores varían de manera importante, y la importancia de cada uno de los GEI cambia entre los diferentes sectores, lo cual debe ser cuidadosamente considerado para poder desarrollar un análisis de necesidades tecnológicas.

En el caso de Bolivia, las emisiones nacionales netas de CO₂ en 1990 alcanzaron a 56190,14 Gg donde el Sector Energético, como fuente de éstas, se halla después de la actividad de Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura, siendo responsable aproximadamente del 10,54 % de tales emisiones (5922,96 Gg - estimación realizada según la metodología de Abajo hacia Arriba)²⁹. En términos de potencial de calentamiento global en 1990 la emisión total de GEI en Bolivia, ascendió a 71088,66 Gg, de los cuales 56190,14 Gg (79,04%) corresponden al CO₂, 14627,48 Gg al CH₄ (20,58%) y 271,04 al N₂O (0,38%)³⁰ y las emisiones de CO₂ del sector energético de Bolivia representan el 0,027% de las emisiones mundiales y las emisiones de CO₂ del sector Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura representan el 0,85% de las emisiones mundiales³¹.

En este sentido, del total de emisiones de CO₂ del sector energético en 1990, las provenientes de combustibles líquidos derivados del petróleo ascienden a 3524,09 Gg (59,5%) y las provenientes del gas natural ascienden a 2398,87 Gg (40,5%), mientras la distribución sectorial de estas emisiones en 1990 refleja que las principales fuentes son el transporte (37,43%), la industria (26,64%), los sistemas de petróleo y gas (13,03%), la generación de electricidad (11,91%) y el sector residencial, comercial y público (10,99%)³².

Para el año 1994, los resultados muestran una emisión de 46657,21 Gg y una remoción de 4537,42 Gg de CO₂ y nuevamente la primera fuente de emisiones en Bolivia lo constituye el Cambio en el Uso de la Tierra y Actividades Forestales, debido principalmente a la conversión de bosques y praderas a suelos agrícolas y a la colonización espontánea, que representa el 82,77% de las emisiones totales, seguida por el sector Energético que aporta con el 16,39% de las emisiones nacionales (7646,20 Gg según el método de categorías de fuentes) y el sector de Procesos Industriales con el 0,84%³³.

²⁹ *Inventariación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Bolivia - 1990*. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente - Programa Nacional de Cambios Climáticos, 1997.

³⁰ *Ibid.*

³¹ *Ibid.*

³² *Inventariación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Bolivia - 1990*. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente - Programa Nacional de Cambios Climáticos, 1997.

³³ *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Origen Antropogénico de Bolivia, Año 1994*. MDSP – VMARNDF – Programa Nacional de Cambios Climáticos, 2000.

El cálculo del efecto acumulativo de las emisiones en términos de emisiones equivalentes de CO₂ (aplicando los coeficientes de Potencial de Calentamiento Global con horizonte de 100 años), muestra que el 76,28% de las emisiones nacionales son aportadas por el CO₂, el 22,44% por el CH₄ y el 1,28% por el N₂O³⁴. Como conclusión se puede indicar que las emisiones de CO₂ del sector energético de Bolivia en 1994 representan el 0,033% de las emisiones mundiales y que las emisiones de CO₂ del sector cambio en el uso de la tierra y actividades forestales de Bolivia representan el 0,58% de las de tipo mundial³⁵.

Tabla 1.2. Resumen del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Bolivia – 1994, Gg.

| CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO | Emisiones de CO ₂ | Remociones de CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | NO _x | CO | COVMN | SO ₂ | HCFs | PFCs | SF ₆ |
|--|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------|-------|-----------------|------|------|-----------------|
| Total de Emisiones y Remociones Nacionales | 46,657.21 | 4,537.42 | 653.48 | 2.54 | 107.95 | 857.98 | 58.15 | 5.46 | 0.01 | NO | NO |
| 1 Energía | 7,646.20 | | 89.05 | 0.20 | 37.64 | 322.43 | 54.09 | 5.19 | | | |
| A Actividades de Combustión | 7,646.20 | | 7.86 | 0.20 | 37.55 | 322.30 | 46.11 | 3.85* | | | |
| Método de Referencia | 8,385.74 | | | | | | | | | | |
| Método por Sectores | 7,646.20 | | 7.86 | 0.20 | 37.55 | 322.30 | 46.11 | IOP | | | |
| B Emisiones Fugitivas | | | 81.19 | 0.00 | 0.09 | 0.13 | 7.98 | 1.34 | | | |
| 2 Procesos Industriales | 393.90 | | 0.00 | NO | 0.00 | 0.01 | 3.95 | 0.27 | 0.01 | NO | NO |
| 3 Uso de Solventes y Otros Productos | | | | | | | 0.11 | | | | |
| 4 Agricultura | | | 489.27 | 1.73 | 56.75 | 57.04 | | | | | |
| 5 Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura | 38,617.11 | 4,537.42 | 54.67 | 0.38 | 13.56 | 478.51 | | | | | |
| 6 Residuos | | | 20.49 | 0.22 | | | | | | | |
| Partidas Informativas: | | | | | | | | | | | |
| Búnkers Internacionales | 173.57 | | 0.00 | 0.01 | 0.87 | 0.39 | 0.24 | 0.06 | | | |
| Aviación | 173.57 | | 0.00 | 0.01 | 0.87 | 0.39 | 0.24 | 0.06 | | | |
| Emisiones de CO2 Provenientes del Uso de Biomasa | 3,112.38 | | | | | | | | | | |

* Las emisiones de SO₂ provenientes por actividades de combustión en los diferentes sectores no han sido discriminadas.

P = Emisiones potenciales basadas en el método de Grado I

NE = Emisiones no estimadas

IOP = Emisiones estimadas e incluidas en otra parte

NO = Emisiones que no ocurren en el país

Fuente: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Origen Antropogénico de Bolivia, Año 1994. MDSP – VMARNDF – Programa Nacional de Cambios Climáticos, 2000.

Del total de emisiones de CO₂ del sector energético en 1994 y según el método de referencia, las provenientes de combustibles líquidos derivados del petróleo ascienden a 4197,25 Gg (50,05%), las provenientes del gas natural ascienden a 4185,75 Gg (49,91%) y las provenientes de combustibles sólidos a 2,83 Gg (0,04%), mientras la distribución sectorial de estas emisiones muestra que las principales fuentes son el transporte (29,69%), la quema de gas natural en pozos (29,32%), las industrias energéticas (17,98%), la industria manufacturera y la construcción (10,76%), además del sector residencial (9,10%)³⁶.

Se debe mencionar que en el sector energético del país la combustión de fuentes de energías fósiles (derivados de petróleo y gas natural) es la principal fuente de emisión de GEI y en especial de CO₂, aunque reviste especial importancia la combustión de biomasa, ya que Bolivia es uno de los países del hemisferio con mayor dependencia de leña, en el cual además persiste el consumo de estiércol como fuente de energía, lo que indica que existe un problema más o menos grave de escasez de la leña, originado básicamente por la exagerada presión antropógena sobre este recurso. El uso de biomasa es especialmente

³⁴ Ibid.

³⁵ Ibid.

³⁶ Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Origen Antropogénico de Bolivia, Año 1994. MDSP – VMARNDF – Programa Nacional de Cambios Climáticos, 2000.

intensivo en las áreas rurales y en promedio cubre el 80% de la demanda de energía, existiendo algunas zonas donde este recurso cubre hasta el 97% de la demanda³⁷.

1.1.4 Necesidad para la Transferencia de Tecnología en el Sector Energético

El Sector Residencial

Los sectores residencial, comercial e institucional contabilizaban a escala global cerca de un tercio de la energía usada en 1990 y aproximadamente un tercio de las emisiones de CO₂ asociadas a estas actividades. La proporción del consumo de energía en este sector a escala general es más alta en los países desarrollados que en los países en desarrollo y países con economías en transición³⁸ pero, en general, los usos de la energía son prácticamente los mismos y se refieren a calefacción o acondicionamiento de los edificios, iluminación o para prestar servicios que van desde la cocción de alimentos o el calentamiento de agua hasta el uso de computadoras o radio y televisión.

Las emisiones de estos sectores incluyen aquellas que provienen del uso directo de combustibles fósiles (o biomásicos) en los diferentes ambientes y las emisiones provenientes de los combustibles usados para suministrar electricidad y calor a estos ambientes. De estas emisiones se calcula que aproximadamente dos tercios provienen del sector residencial, mientras el otro tercio proviene de los usos comerciales e institucionales de la energía.

Por otra parte, estos sectores se caracterizan por ser atomizados y estar más descentralizados que los sectores industriales, generación de energía eléctrica y transporte, haciendo mucho más dificultosos los procesos de transferencia de tecnología y de transformación de mercados para ésta. Por dicha razón, los programas más exitosos de transferencia de tecnología, por lo menos en el corto plazo, no estarán dirigidos solamente por sus beneficios ambientales, sino también a aquellos que cumplan con otras necesidades y prioridades de las diferentes comunidades humanas. Entre las vías gubernamentales por las que se pueden alcanzar logros exitosos en la transferencia de tecnología se encuentran los programas de información, educación y etiquetado (bajo normas ambientales y de energía mandatorias) donde se cuenta además con programas de investigación, desarrollo y demostración apoyados por el gobierno. Además, los gobiernos deben jugar un rol clave para crear un ambiente favorable de mercado para la transferencia de tecnología a realizarse por el sector privado a través de decisiones sobre financiamiento, impuestos, reglamentos y cargos aduaneros y en particular los gobiernos locales deben alentar programas exitosos en las comunidades a través de la identificación de sus necesidades, alentando y respondiendo a las iniciativas locales.

El sector residencial en Bolivia desde el punto de vista de la demanda de energía y por razones metodológicas que facilitan los análisis, puede ser asimilado a partir de la conformación de unidades de demanda constituidas por los hogares residenciales del país,

³⁷ *Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y El Caribe – Estudio de Caso de Bolivia (primera versión sujeta a revisión)*. Proyecto OLADE/CEPAL/GTZ “Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y El Caribe”, 1997.

³⁸ *Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. A Special Report of IPCC Working Group III*. IPCC, 2000.

los que a su vez constan de 5,6 a 4,6 personas dependiendo de la región (menos miembros en las zonas altas y más miembros en los valles y zonas bajas). Se estima que en el año 1999 el número de hogares en Bolivia alcanzó a 1831063, de los cuales 1152119 son hogares urbanos (62,92%) y 678944 son rurales (37,08%) en poblaciones menores a 2000 habitantes (PR). Por otra parte, los hogares urbanos se subdividen en hogares de poblaciones urbanas con más de 10000 habitantes (PUMayores) respecto a 1999 donde se alcanzaron a 1036792 (90%) y los hogares de poblaciones urbanas con menos de 10000 habitantes (PUMenores) que alcanzaron a 115327 (10%). Esta clasificación obedece principalmente a las definiciones y parámetros utilizados en varios estudios, considerando que los patrones respectivos de consumo y aprovisionamiento de energía, así como los problemas energéticos y las correspondientes soluciones, difieren en función del tipo de asentamiento que se refleja en esta segmentación.

Por otra parte, como resultado de varios estudios se ha podido apreciar que los usos finales de energía en el sector residencial se pueden referir a la iluminación, la cocción de alimentos, el calentamiento de agua, la calefacción y el acondicionamiento de ambientes, la refrigeración de alimentos, el uso de aparatos de audio – visión, el uso de artefactos domésticos, el bombeo de agua, la generación de electricidad y el recargado de baterías. Estos usos finales de energía se satisfacen con una gran variedad de fuentes, entre las cuales podemos citar la electricidad, el gas licuado de petróleo (GLP), el kerosene, la gasolina, el diesel oil, el alcohol, la leña, el carbón vegetal, los residuos vegetales, el estiércol, las baterías y pilas, las velas y la energía solar.

En 1999 el sector Residencial, representaba el 26,75% de la demanda total de energía, alcanzando aproximadamente a 6,83 millones de BEP, de los cuales el subsector PUMayores representaba el 39,76%, el subsector PUMenores el 7,52% y el subsector de PR representaba el 52,76% de la demanda de este sector. Esta situación cambiará hacia el año 2012 y el sector Residencial según proyecciones tendenciales constituirá el 20,58% de la demanda y el 17,70% según proyecciones optimistas, mientras que el subsector de poblaciones urbanas con más de 10000 habitantes se constituirá en el más importante, representando el 52,70% de la demanda en ambas proyecciones. El uso final más importante en este sector es la cocción de alimentos que en 1999 constituyó el 81,57% (5,57 millones de BEP) de la demanda, seguido muy de lejos por la iluminación con el 5,99% y el calentamiento de agua con el 5,35%, mientras en el 2012 se prevé que la cocción de alimentos alcanzará el 76,76% para ambas proyecciones. Las fuentes de energía más utilizadas en 1999 fueron la leña que cubría el 41,77%, el GLP el 30,74%, la electricidad el 11,34% y el estiércol el 8,95%, mientras que en el año 2012 en ambas proyecciones la fuente más utilizada será el GLP con el 32%, seguida por la leña con el 31,50%, la electricidad con el 15,38%, el gas natural con el 9,87% y el estiércol animal con 6,28%.

Este panorama de uso de energía en el sector residencial nos muestra que en 1999 fueron emitidos un total de 829,37 Gg de CO₂ no biogénico y 2130,01 Gg de CO₂ biogénico y que la actividad de cocción de alimentos es la principal fuente de estas emisiones con aproximadamente 94,13% del total, representando el 747,14 Gg de CO₂ no biogénico y 2038,5 Gg de CO₂ biogénico, seguida muy de lejos por la iluminación y el calentamiento de agua. Estas emisiones provienen principalmente de tres combustibles que totalizan el 94,75% del total, la leña con 1692,38 Gg, el GLP con 733,68 Gg y el estiércol con 378,05

Gg, los cuales preponderantemente son utilizados en las actividades de cocción. En los hogares de las PUMayores, las emisiones de CO₂ provenientes de la actividad de cocción representan el 96,07% del total del subsector (702,04 Gg), mientras en las PUMenores éstas constituyen el 92,73% del total del subsector (218,13 Gg) y en las PR el 93,58% del total del subsector (1865,47 Gg)³⁹.

Características Tecnológicas y Necesidades para la Transferencia de Tecnología

Las tecnologías de mitigación para el sector residencial pueden ser divididas en tres grupos: tecnologías en la construcción de edificaciones residenciales, tecnologías para los equipos de las edificaciones residenciales y tecnologías de uso de energías renovables. Las primeras están dirigidas al tamaño, la forma, la orientación y la integridad térmica de la unidad residencial, las que incluyen el aislamiento de paredes y techos, tecnologías avanzadas para las ventanas, recubrimientos de techos e infiltración reducida o controlada. El segundo grupo está dirigido a mejorar la calefacción o acondicionamiento de los espacios, la iluminación, la cocción de alimentos, los aparatos de refrigeración de alimentos, el calentamiento de agua, el lavado y secado de ropa y otros aparatos usados en casa, las cuales incluyen tecnologías avanzadas como los hornos de condensamiento, las lámparas compactas fluorescentes y compresores modernos para refrigeradores. El tercer grupo incluye diseño solar pasivo para edificaciones y sistemas solares activos para calentamiento de agua y espacios, bombas de calor con el suelo como fuente térmica, estrategias de uso de la luz diurna y sistemas fotovoltaicos.

De lo anteriormente expuesto se concluye que entre la variada gama de tecnologías, las necesidades de transferencia tecnológica para el sector residencial del país, estarían orientadas principalmente a las actividades de cocción de alimentos como uso final de la energía y a los combustibles biomásicos (leña y estiércol) en las poblaciones rurales y en ciudades intermedias (PUMenores) y en el GLP en poblaciones urbanas (PUMayores y PUMenores) como las fuentes de energía más importantes. Estas opciones o campos de acción representan oportunidades concretas para la transferencia de tecnología, conducentes a la reducción de emisiones de GEI. Evidentemente, existen otros usos finales que también merecen la atención como la iluminación residencial y el calentamiento de agua.

Muchas de las tecnologías que pueden mitigar las emisiones de GEI, también pueden ayudar a adaptarse a los potenciales efectos del cambio climático. Los enfoques de sistema pueden alcanzar objetivos de mitigación y adaptación a través del óptimo uso de la tierra, diseño de edificaciones, elecciones de materiales y/o equipos y otras estrategias. Una de estas vías está referida a la capacidad de los gobiernos locales para desarrollar planes efectivos de uso de la tierra, lo cual es esencial para tratar muchos problemas ambientales, es decir, que tales autoridades por ejemplo pueden reunir usos residenciales y comerciales de la tierra con alta densidad para mejorar la eficiencia de los sistemas combinados de suministro de calor y energía eléctrica. Las calles y lotes para construcciones pueden ser configurados para optimizar el potencial uso de la energía solar, además se pueden limitar los desarrollos de ciudades sobre planicies inundables o

³⁹ Las estimaciones y proyecciones están basadas en cálculos propios realizados con ayuda del modelo Long-range Energy Alternatives Planning system – LEAP.

zonas potenciales de deslizamientos de tierra y adaptarse anticipadamente a las actuales y futuras inundaciones. La minimización de superficies pavimentadas y la forestación pueden reducir las inundaciones, moderar el efecto de isla urbana y reducir la energía requerida para acondicionamiento de aire. Algunos aparatos, como las lavadoras de ropa, pueden ser desarrolladas para ser eficientes energéticamente y usar menos agua. Las normas para reducir el consumo de energía en edificios y los códigos de construcción pueden también minimizar los daños a éstos debidos a las anomalías climáticas destructivas.

a) Cocción

Se debe mencionar que tanto en áreas urbanas como rurales el uso de varias fuentes de energía en las actividades de cocción es una práctica difundida que se explica por dos situaciones particulares: la primera relacionada a la disponibilidad circunstancial de las fuentes de energía (sean éstas comerciales o de libre disponibilidad) y la segunda relacionada a la economía y los costos monetarios y de trabajo asociados a éstas. Generalmente, en los hogares de Bolivia se utiliza la fuente que pesa menos en su economía (no sólo para cocción sino también para cubrir otras necesidades energéticas) y en el sector rural, no importando que su suministro sea regular o no, esta situación se hace más patente en la medida que los hogares se encuentran más alejados de los centros poblados o de los centros de comercio.

Tradicionalmente, los artefactos que se utilizan para las actividades de cocción de alimentos en las zonas rurales y en parte de los hogares de las PUMenores son fundamentalmente de origen autofabricado, lo que implica una gran potencialidad para la introducción de mejoras de tipo constructivo orientadas a elevar los grados de eficiencia de conversión energética y consiguientemente disminuir las emisiones netas de GEI.

Estos aparatos son generalmente contruidos de barro y algunos materiales adicionales, no importando la zona geográfica y contando con una estructura muy simple, es decir, un orificio para sostener la olla y uno de alimentación del combustible. En algunos casos puede existir una estructura un poco más compleja (dos o tres hornillas) pero siempre, cada olla debe ser alimentada directamente por el fuego, de lo contrario el fogón es muy simple y consta de piedras que se apilan sobre el suelo (de “tres piedras”) y en una minoría de casos se hallan artefactos hechos de ladrillos o metal. Todos estos hechos confirman que los diversos artefactos empleados en estas actividades son de muy baja eficiencia de conversión energética.

Tales fogones, en muchos casos, se hallan en el interior de las viviendas sin adecuada ventilación, lo que provoca graves problemas de salud en mujeres (quienes generalmente se encargan de cocinar) o niños, y en algunos casos (regiones) estos fogones se ubican en el exterior para evitar el humo, lo que expone a las mujeres a soportar frío o inclemencias del tiempo y vientos que avivan las llamas y aumentan la velocidad de combustión, reduciendo la duración de la leña. Generalmente, el combustible (leña, estiércol, etc.) se encuentra a un costado del fogón y también en un espacio apropiado fuera de la vivienda donde se acumula todo el combustible recolectado, lo que provoca que muchas veces éste se halle expuesto a las condiciones climáticas adversas, aumentando la humedad contenida en el combustible y disminuyendo la eficiencia de uso del mismo.

En este sentido, la transferencia tecnológica para estas actividades en particular, puede estar condicionada a la disponibilidad de fuentes comerciales de energía si se eligen tecnologías de mayor grado de desarrollo, proceso mucho más complejo y sujeto a una serie de variables económicas y políticas de dimensiones nacionales, que son externas a un proceso de transferencia sobre la base de las capacidades existentes. Por esta razón, para el caso particular de la tecnología tradicional utilizada en las actividades de cocción en las zonas rurales y en parte de los hogares de las PUMenores se ve que una de las necesidades de transferencia tecnológica para este caso y que es una solución óptima en las condiciones actuales, tanto desde el punto de vista ambiental como de salud y equidad de género para este sector. Es el referido a las llamadas cocinas Lorena, nombre con el que fueron bautizadas en Guatemala hace 25 años, y que son cocinas mejoradas con un diseño de canal ascendente, con obstáculos debajo de las hornillas u orificios para las ollas, que permiten crear efectos de turbulencia y mejorar la transmisión de calor y cuyo extremo culmina en una chimenea, posibilitando crear un tiro ascendente, donde la abertura de alimentación de combustible cuenta con una tapa que sirve para regular el aire de entrada.

El material de construcción es una mezcla de barro con estiércol y material vegetal (paja) para todo el cuerpo y la chimenea, materiales que se disponen en todas las zonas rurales del país, pero también se pueden utilizar otros materiales como arcilla, cemento, metal, etc., lo que de algún modo aumenta el promedio de vida de las cocinas Lorena que es de 3 años. En todos los casos, estas cocinas mantienen la utilización de los combustibles normalmente usados como la leña, el estiércol seco y los residuos vegetales, lo que representa que no se impulsan cambios en costumbres y patrones culturales, pero que representan un ahorro aproximado entre 30 y 40% en el uso de combustible con la consiguiente disminución de emisiones de GEI y todos los beneficios sociales y económicos colaterales.

En las áreas urbanas, la principal fuente de energía para las actividades de cocción es el GLP, el cual es abastecido a los hogares mediante balones de 10 kg de peso (24 l de capacidad y 16,7 bares de presión) mediante compañías privadas que lo distribuyen en las ciudades y centros poblados. Estos balones contienen el GLP a alta presión, el cual se suministra al aparato de cocción (cocina) y sus hornillas (quemadores) desde el balón a través de un regulador de presión que reduce ésta a 19 - 25 mbares y que se halla instalado inmediatamente después de la válvula de salida. Las cocinas que son de construcción metálica muy sencilla, generalmente tienen entre 2 a 4 quemadores y algunas de ellas también tienen quemadores múltiples para los hornos. Los aparatos generalmente son importados, pero existe una industria nacional que produce aparatos pequeños (2 hornillas) o más grandes para usos comerciales (hornos, etc.) generalmente de hierro fundido y partes metálicas. Se debe mencionar que la eficiencia de estos aparatos es alta, aunque no se cuenta con mediciones sobre los rangos en que éstas se sitúan por la inmensa variedad y por la procedencia de estos aparatos y ya que no se han realizado investigaciones en tal sentido en el país.

La principal dificultad con el uso de esta tecnología para la cocción de alimentos con GLP se centra en su distribución, debido a que puede acarrear varios problemas desde la transmisión desde las refinerías hasta las city gate (plantas de engarrafado en entradas de ciudad) y luego en la distribución que realizan las compañías encargadas de esta función,

que en muchos casos es deficiente y por esta razón muchas de las poblaciones urbanas pequeñas y con mayor razón las rurales tienen un muy deficiente o inexistente servicio de distribución de GLP. Además, se han detectado problemas en los volúmenes contenidos en las garrafas y la calidad del GLP de las mismas, lo que origina malestar en la población servida, sin tomar en cuenta que también predominan problemas de seguridad por el mal estado de las garrafas o de los equipos situados en los hogares (mangueras, válvulas, reguladores, etc.) y por el uso inadecuado e irresponsable que algunos usuarios le dan a las garrafas o a las mismas cocinas, tratándose del manejo de un combustible contenido a alta presión. Todos estos factores crean un campo propicio para la transferencia de tecnología que no sólo estaría dirigido a la reducción de emisiones, sino también en la mejora de los estándares de vida, la seguridad y el confort.

Por lo anteriormente expuesto, se considera que este campo tiene un gran potencial para la transferencia de tecnología, donde sus necesidades están especialmente referidas al cambio de fuente de energía, es decir, del GLP hacia el Gas Natural. Este potencial está dado y tiene un campo para su desarrollo, debido a que existe una infraestructura de distribución domiciliaria de gas natural en funcionamiento en media presión y de modernas características que, actualmente, está instalada en siete capitales de departamentos y la ciudad de El Alto, incluyendo las tres ciudades más importantes de Bolivia que son La Paz, Santa Cruz y Cochabamba y, además, en varias ciudades intermedias en las zonas cercanas a las regiones de explotación gasífera, especialmente en el departamento de Tarija. Estas redes deberían servir aproximadamente en el año 2000 a unos 40000 hogares en todo el país y a una cantidad importante de usuarios comerciales, pero la cifra real alcanzada es mucho menor (9277 usuarios domésticos y 734 usuarios comerciales a diciembre del 2000), considerando que se cuenta con infraestructura que podría servir a aproximadamente al doble de hogares, y que no ha tenido ningún proceso de desarrollo importante desde 1994 por factores referidos a la poca información y difusión de las bondades de la tecnología y a los lentos procesos de definición del marco regulatorio de distribución de gas natural al nivel de las ciudades, en el marco de la reforma del sector.

Las necesidades de transferencia tecnológica están dirigidas al equipamiento residencial para el uso de gas natural con propósitos de cocción y otros usos finales (calentamiento de agua y calefacción de ambientes), los que al mismo tiempo deberían estar complementados con la expansión de las redes de distribución de gas natural tanto en alta presión desde las city gate para llegar a puntos estratégicos de las ciudades, como en media presión (4 bar) para lograr la distribución a partir de esos puntos y además incluyendo las acometidas hacia cada punto de consumo o residencia. La tecnología debe contemplar los mínimos costos posibles para la transformación y acondicionamiento del equipamiento necesario en los aparatos de cocción, es decir, desde los quemadores diseñados para funcionar con gas natural (a presiones de 18 mbares) y en diferentes condiciones altitudinales y con la mayor eficiencia, y los equipos auxiliares como mangueras, válvulas, cañerías de distribución interna (generalmente de cobre), juntas y soldaduras, válvulas de seguridad, reguladores de presión, medidores de consumo, calculados para la demanda necesaria de gas natural para cocción y otros usos domiciliarios de gas natural que respondan a las más actualizadas normas internacionales de proporcionamiento de eficiencia y seguridad para su uso.

Gráfico 1.7. Red de Gasoductos de Bolivia y Ubicación de las Redes de Distribución de Gas Natural.



Fuente: Dirección de Gas Natural - YPF, 2001.

Este proceso de transferencia de tecnología debe estar necesariamente acompañado con la formación de capacidades nacionales, especialmente para la instalación de equipos, construcción de redes internas, mantenimiento y reparación de los mismos y en la medida de lo posible para la fabricación nacional de los diversos componentes de las instalaciones domiciliarias de gas natural. Esta formación de capacidades debe estar también dirigida a la construcción de redes domiciliarias en media presión con materiales modernos como el polietileno de alta densidad y el manejo e instalación de todos sus accesorios y su mantenimiento, como también a la operación de las estaciones distritales de regulación de presión y su mantenimiento.

b) Iluminación

Como se mencionó anteriormente, la iluminación residencial es otro de los campos donde se pueden presentar oportunidades para la transferencia de tecnología, donde existen necesidades concretas para lograr la misma.

Tanto en los hogares urbanos como rurales del país existen una serie de fuentes de energía para propósitos de iluminación las cuales no necesariamente son de uso exclusivo, es decir, que algunos hogares pueden usar más de una fuente con este propósito. La principal fuente de energía para la iluminación en el sector urbano es la electricidad, con mayor énfasis en las PUMayores que en otros centros poblados, debido a que en estos últimos el suministro de energía eléctrica no es de la calidad y regularidad suficiente como en las ciudades grandes. En estas áreas también se utilizan el kerosene como segunda fuente y el GLP, la parafina en velas, el diesel oil y ocasionalmente las pilas y el alcohol, considerando que muchas de estas fuentes son ocasionales y se usan sólo en casos de emergencia.

En el sector rural esta composición de fuentes es diferente, donde se aprecia el kerosene, las velas y la electricidad, seguidas por las pilas, el diesel y el GLP, también considerando que el uso de las fuentes puede ser simultáneo y circunstancial, es decir, que de acuerdo a su disponibilidad el uso de algunas es ocasional.

Considerando que los patrones de uso de la energía anteriormente mencionados muestran a la electricidad como la fuente dominante para la iluminación en áreas urbanas y aunque en las zonas rurales no sea actualmente tan acentuado su uso, éste se irá introduciendo paulatinamente para cubrir la demanda insatisfecha, desplazando a otras fuentes cuyo uso práctico no está dirigido a la iluminación sino más bien a otros usos finales.

En este sentido, tanto para el actual uso de energía eléctrica para iluminación como para su gradual introducción en reemplazo de otras fuentes, se visualiza que existe una necesidad de incluir la tecnología más adecuada y más eficiente, que la que actualmente se utiliza en la gran mayoría de los hogares del país y que está referida a las lámparas de filamento incandescente de baja eficiencia y de potencias de entre 25 W y 150 W, siendo las más difundidas las de 75 W y 100 W por tener periodos de vida útil de aproximadamente 1000 horas. Existen también algunas lámparas incandescentes de 250 W que se utilizan de manera limitada y otra amplia gama de variedades de lámparas cuyo empleo no está tan difundido como los tubos fluorescentes.

Entonces, las principales necesidades de transferencia tecnológica en este sector se dirigen a la introducción de la tecnología de lámparas fluorescentes compactas (CFL) las cuales proporcionan la misma luminosidad que las lámparas incandescentes, pero con un ahorro de energía de aproximadamente el 75% y un periodo de vida útil de aproximadamente 10000 horas. Los rangos de potencia de estas lámparas están entre los 12 W y los 25 W, siendo una de las más comunes la de 15 W. Actualmente tienen accesorios que mejoran la luminosidad como reflectores y cuerpos difusores de luz y se cuenta con lámparas con sensación lumínica de luz diurna. Las diferentes variedades de lámparas CFL más modernas ya no necesitan balasto y no se requieren accesorios especiales para su conexión en reemplazo de las lámparas incandescentes (unión a rosca universal).

c) Calentamiento de Agua y Calefacción

El calentamiento de agua es otro de los campos dentro del sector residencial que contempla necesidades para la transferencia de tecnología y presenta oportunidades para la reducción de emisiones de GEI asociada a ésta. El uso de agua caliente está destinado al aseo personal y tiene patrones muy diferentes entre las zonas urbanas y rurales y entre las diferentes regiones biogeográficas del país. Mientras en las regiones bajas y cálidas del país el porcentaje de consumo de energía para calentamiento de agua representa aproximadamente el 4% del total, en las regiones altas y frías es ligeramente menor al 7%, además el consumo de energía es mayor en los centros urbanos que en la población rural dispersa, hecho que es consistente con el mayor grado de educación de los pobladores y con la mejor calidad de los servicios prestados en estas zonas. Dentro de este marco, en las regiones donde se hace necesario por las condiciones climáticas, tanto en zonas urbanas como rurales, existe una gran demanda insatisfecha para calefacción de ambientes, la que actualmente representa un pequeño porcentaje (cerca al 2%) y que se ve cubierta a través de aparatos poco eficientes e inadecuados para estos propósitos, que funcionan con electricidad o GLP o utilizando la leña como fuente de calor.

En las PUMayores la principal fuente de energía para el calentamiento de agua es sin duda la electricidad, mientras en las PUMenores lo constituye el GLP y la leña, seguidas por la electricidad, la energía solar, y finalmente otras fuentes biomásicas como el estiércol. En las poblaciones rurales, evidentemente existe una demanda insatisfecha donde las principales fuentes de energía utilizadas para el calentamiento de agua son la leña y el estiércol, seguidas por el GLP y la energía solar. Esta situación ofrece una interesante oportunidad para la transferencia de tecnología y el uso de energía renovable o fuentes con menor tasa de emisión, como fuente de energía térmica para el calentamiento de agua.

En los centros urbanos la utilización de la energía eléctrica para el calentamiento de agua en la gran mayoría de los casos, se realiza a través de pequeñas unidades de conversión de energía eléctrica a la de tipo térmica. Estos aparatos generalmente cuentan con una potencia de entre 1500 W y 2500 W y funcionan a través del calentamiento de un conductor metálico de electricidad que transmite su calor instantáneamente y directamente al agua fría circulante en una pequeña cámara de intercambio donde la temperatura se regula manualmente permitiendo el paso de mayor o menor cantidad de

agua. Este hecho incide en la calidad del servicio debido a que está sujeto a variaciones de caudal y presión de la red de suministro de agua, lo cual escapa al control del usuario. Evidentemente, existe una variedad de otros aparatos que basados en el mismo principio realizan el calentamiento de agua con mayor eficiencia que estas pequeñas unidades y que son utilizados en zonas urbanas, pero se considera que este tipo de aparatos cierran de alguna manera un ciclo poco eficiente que se realiza en el país de uso de energía para el calentamiento de agua en residencias.

Este ciclo considera que en varias plantas de generación de electricidad que sirven al Sistema Interconectado Nacional, se genera electricidad a través de turbinas de ciclo simple cuya eficiencia no supera el 27 – 33 %, las cuales son accionadas con gas natural que al ser sometido a procesos de combustión genera energía térmica capaz de ser transformada en energía mecánica, la que a su vez es cambiada en energía eléctrica en los generadores instalados con estas turbinas. Debido a que las plantas generadoras pueden estar a muchos kilómetros de distancia de los centros de demanda de energía dentro del SIN, se hace necesario que esta energía sea transmitida por líneas de transmisión de alto voltaje, para luego ser distribuida en baja tensión a las ciudades y centros poblados, lo que implica una serie de pérdidas que en promedio alcanzaron el 8,5% en 1996. Finalmente, la energía eléctrica suministrada a las residencias a través de los aparatos descritos anteriormente, nuevamente es convertida en energía térmica de manera no eficiente para calentar el agua. Estos procesos demuestran que existe un interesante potencial para la transferencia de tecnología, especialmente dirigida al uso racional y a la administración eficiente de la energía, especialmente para este uso final.

Debido a que la tendencia más clara para el sector rural y las poblaciones urbanas intermedias y menores queda definida con la llegada de la energía eléctrica, ésta es una de las primeras vías para satisfacer las demandas no satisfechas en el uso final de calentamiento de agua por varias razones, pero principalmente porque los aparatos mencionados anteriormente tienen un precio muy bajo y las tarifas eléctricas con ciertas restricciones permiten este tipo de uso de la electricidad, lo cual podría convertirse en un futuro próximo en una actividad prohibitiva por reajustes y elevamiento de las tarifas o su fijación como fruto de cálculos financieros y económicos.

Todos estos factores permiten ver la oportunidad de la introducción de dos variantes tecnológicas en reemplazo de las existentes. La primera está referida al uso del gas natural para el calentamiento de agua, lo cual complementa a las necesidades de su uso para cocción, debido a que no se necesitaría una nueva infraestructura de distribución domiciliar interna de gas natural, sino realizar los cálculos de diseño adecuados para las demandas que se planteen y así incorporar en los sistemas internos de abastecimiento de agua los aparatos adecuados. Las oportunidades para la transferencia tecnológica en este campo se centran en los aparatos y unidades de conversión de energía calorífica del gas natural a energía térmica, la cual a su vez se puede transmitir al agua para diversos usos donde esta transmisión de energía tenga las menores pérdidas posibles y el proceso posea alta eficiencia lo que, en cualquier caso, logre mayor eficiencia que el proceso anteriormente descrito con el uso de energía eléctrica. En este sentido, se conocen tecnologías llamadas de calentamiento instantáneo y las de acumulación de calor a través de calefones y termocalentadores a gas natural de diferente capacidad, los cuales poseen una alta eficiencia y proporcionan un servicio de mucho mayor calidad, el que podría ser

automáticamente extendido a usos diferentes al del aseo personal, lo que significaría a su vez un salto cualitativo en la vida diaria de muchos hogares.

Estas oportunidades pueden también extenderse a cubrir la demanda insatisfecha para calefacción que actualmente se cubre en muy pequeña escala con pequeñas unidades eléctricas de muy baja eficiencia que convierten directamente la electricidad en energía térmica a través del calentamiento de conductores metálicos. Las mencionadas oportunidades se podrían satisfacer con el uso de unidades o aparatos modulares de alta eficiencia con diseños de tiro forzado o natural para la perfecta combustión del gas natural y con alto grado de confiabilidad y seguridad.

Un paso más avanzado en la transferencia de tecnología tomando en cuenta la abundancia del recurso gas natural en el país, sería el diseño, la construcción y puesta en marcha de estaciones distritales de generación térmica tanto para la distribución de agua caliente a nivel distrital en ciudades y centros poblados, como para la calefacción en edificaciones residenciales y comerciales en las ciudades donde este servicio cubriría una demanda prácticamente insatisfecha.

Finalmente, el paso lógico más avanzado en la transferencia de tecnología en este campo está referido a la cogeneración, es decir, teniendo en cuenta la abundancia del gas natural y las demandas insatisfechas tanto en la provisión de agua caliente para usos residenciales y calefacción de ambientes, y suministro de vapor (o agua caliente) a presiones adecuadas para usos industriales, se debería lograr efectiva transferencia de tecnología para el diseño, la construcción y puesta en marcha de centrales de generación termoeléctrica que tienen coeficientes de rendimiento superiores al 55% y que poseen como producción la energía eléctrica y la energía térmica en forma de vapor y agua caliente con parámetros altos de presión y temperatura para su adecuada distribución en redes domiciliarias, comerciales e industriales.

El uso de energías renovables como fuentes de energía térmica para propósitos de calentamiento de agua, también es un factor que se debe considerar como objeto de transferencia de tecnología. La energía solar, cuya disponibilidad en las latitudes en las cuales se encuentra Bolivia, es una fuente muy interesante de energía térmica que está acompañada por una buena cantidad promedio de días de sol al año y horas de sol al día (2,9 – 10,9 h/día) con un promedio de 6,8 h/día y altos niveles de radiación cuyo valor diario medio anual oscila entre 3,34 y 7,23 kWh/m² día, hacen que las tecnologías que aprovechan estas condiciones naturales sean muy propicias para su difusión en el país, especialmente en las zonas altiplánicas y de valles.

La tecnología que usa la energía solar para el calentamiento de agua es aplicada a través de sistemas termosolares, éstos están compuestos de los colectores solares y los termotanques. Los colectores solares modernos con capacidades entre 300 y 500 litros de agua, son diseñados con materiales de alta termoconductividad y sus cámaras de intercambio de calor se encuentran al vacío, lo que mejora la eficiencia en la transferencia de calor, mientras que los tanques logran acumular agua caliente a temperaturas superiores a los 70 °C durante 3 días o más, debido a su moderna construcción aislante.

Tabla 1.3. Resumen de las Opciones para la Transferencia de Tecnología – Sector Residencial.

| |
|--|
| <p>Cocción</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cocinas tradicionales eficientes. - Reemplazo de combustibles convencionales comerciales (GLP) por gas natural. - Reemplazo de combustibles biomásicos por combustibles convencionales comerciales. - Construcción de redes modernas de distribución de gas natural y tecnología para la distribución interna domiciliaria. Formación de capacidades nacionales. |
| <p>Iluminación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lámparas compactas fluorescentes. |
| <p>Calentamiento de Agua y Calefacción</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso de gas natural para calentamiento de agua. Formación de capacidades nacionales. - Uso de gas natural para propósitos de calefacción. - Construcción y puesta en marcha de estaciones distritales de calefacción y producción de agua caliente, a gas natural. - Uso de la cogeneración para cubrir demandas de agua caliente y calefacción. - Uso de energía solar para el calentamiento de agua en sistemas solares avanzados. Formación de capacidades nacionales. |

Fuente: Elaboración propia.

El Sector Comercial y la Industria Rural

El sector comercial en Bolivia desde el punto de vista del consumo de energía, no tiene claramente definidos los límites que lo separen de los sectores residencial e industrial debido a que por la reforma del sector y las nuevas estructuras de distribución de energéticos que se han adoptado en el país, muchos datos, que anteriormente se enmarcaban en una estructura estadística, actualmente ya no responden a esa estructura y además se debe también considerar la ausencia de estadísticas exactas y confiables, especialmente en lo referido a la demanda de biomasa. Por esta razón, los flujos de ciertas fuentes de energía hacia la demanda no están definidos con exactitud y no se puede juzgar con precisión si están dirigidos a consumos comerciales, residenciales o industriales. Este hecho se ve además acentuado porque existe una gran cantidad de actividades informales y pequeñas empresas que podrían caer en la clasificación de actividades comerciales, pero también industriales, especialmente las referidas a las actividades productivas rurales.

Generalmente, el sector comercial incluye los usos de energía en diferentes tipos de edificios, tales como oficinas, tiendas de venta al detalle, centros comerciales, escuelas, universidades, institutos, clínicas y hospitales, hoteles, almacenes y depósitos, teatros y

cines, lugares de culto religiosos, etc. Dentro de cada tipo de edificaciones, salvando las diferencias, existe similitud entre las edificaciones de países en desarrollo y países desarrollados, lo que invita a estrategias similares de ahorro de energía. La electricidad es comúnmente la principal fuente de energía usada y en los países industrializados cubre aproximadamente el 70% de la demanda. Sin embargo, las fuentes de energía pueden variar considerablemente, por ejemplo en China el carbón es la fuente de calor dominante para las edificaciones comerciales e institucionales.

En el presente análisis, se ha asumido que los principales usos finales de energía que se presentan en el sector comercial y de industria rural son los referidos a los usos de energía eléctrica tanto en la iluminación comercial y otros usos, como en la iluminación pública y los usos de leña y estiércol como fuentes de energía térmica para diferentes procesos productivos especialmente en las zonas rurales. Tradicionalmente la industria rural del país ha utilizado diferentes tipos de biomasa como fuente de energía para sus diferentes procesos, entre estas industrias que desarrollan sus actividades de manera artesanal, podemos citar la producción de ladrillos y otros productos de cerámica, la producción de yeso, la producción de cal, la elaboración de ulexita, el secado de arroz, la producción de chancaca, etc., las cuales han ocasionado excesiva presión sobre los recursos biomásicos que, por cierto, en ciertas zonas del país se han hecho muy escasos sin mencionar los daños al medio ambiente y la erosión de los suelos.

El sector comercial tiene menor importancia desde el punto de vista de la demanda de energía. En 1999 representaba tan solo el 3,34% de la demanda nacional total de energía, esperándose que ésta represente en el año 2012 el 3,81% según proyecciones tendenciales y el 3,53% según proyecciones optimistas. Entre las fuentes energéticas, en 1999 el 45,10% de la demanda de este sector estaba cubierta por la leña, el 14,03% por el estiércol y el 38,59% por la electricidad, de los cuales 4,43% correspondían a la iluminación pública. Esta composición cambia en el año 2012 en ambas proyecciones y la electricidad se constituye en la fuente de energía más importante con el 52,68%, mientras la leña cubrirá el 33,85%, el estiércol el 9,84%, la gasolina el 2,25% y el gas natural el 1,34%, registrando este sector una tasa de crecimiento anual promedio para el periodo 2000 – 2012 del 5,36% según las proyecciones tendenciales y del 6,18% para las optimistas.

En 1999 este sector emitió un total de 5,20 Gg de CO₂ no biogénico y 354,41 Gg de CO₂ biogénico, considerando que las actividades productivas rurales son la principal fuente de estas emisiones, aunque las actividades de consumo de energía eléctrica del sector producen importantes cantidades de emisiones que son contabilizadas en otros sectores (especialmente en el de generación eléctrica). Estas emisiones provienen principalmente de dos fuentes biomásicas que totalizan el 98,55% del total, la leña con 258,89 Gg y el estiércol con 95,53 Gg, los cuales preponderantemente son utilizados en actividades rurales de generación de calor para diferentes procesos industriales artesanales. El restante porcentaje de la demanda está cubierto por la gasolina con 3,06 Gg, el gas natural con 2,06 Gg y el GLP con 0,09 Gg⁴⁰.

⁴⁰ Las estimaciones y proyecciones están basadas en cálculos propios realizados con ayuda del modelo Long-range Energy Alternatives Planning system – LEAP.

Características Tecnológicas y Necesidades para la Transferencia de Tecnología

Al igual que en el sector residencial, las tecnologías de mitigación para este sector se pueden dividir en tres categorías. Dependiendo del tamaño y el tipo de edificación las estrategias de recubrimiento y terminado de edificios varían, siendo que el aislamiento de paredes y techos es importante en varios tipos de ellos, en otros como los edificios comerciales modernos, los cuales tienen grandes cargas térmicas internas de equipos y de gente, donde decrece la importancia del aislamiento y crece la importancia de las ventanas y de los sistemas de vidrios. En lo referente a los equipos, el énfasis está en la tecnología de calefacción y en acondicionamiento, en eficiencia en la iluminación, en sistemas de control de manejo de la energía y en la eficiencia de los equipos de oficina. Las tecnologías para el uso de energías renovables incluyen los sistemas fotovoltaicos, sistemas activos y pasivos y el uso de la luz diurna donde se debe considerar que su uso es más efectivo en la medida que sea integrada con la orientación, forma y diseño de las edificaciones.

Por las características de este sector en el país y por lo que anteriormente se expuso, las necesidades de transferencia tecnológica estarían orientadas principalmente a reducir el consumo de las fuentes de energía más importantes, es decir, la leña; la electricidad y el estiércol a través de mejoras en la eficiencia del uso final de estas fuentes energéticas, principalmente en las actividades productivas rurales y en los usos finales de iluminación tanto pública como comercial general. Estas opciones o campos de acción representan oportunidades concretas para la transferencia de tecnología, conducentes a la reducción de emisiones de GEI.

a) Actividades Industriales Rurales

Aún en la actualidad las actividades comerciales y la industria en las áreas rurales del país utilizan diferentes tipos de biomasa entre las cuales sobresalen la leña y el estiércol, como fuente de energía para sus diferentes procesos. Todas estas industrias desarrollan sus actividades de manera artesanal y utilizan tecnología rudimentaria y obsoleta basada en la experiencia y los conocimientos empíricos de los productores, en muchos casos, tienen carácter familiar y pueden ser estacionales. Generalmente, estas actividades utilizan las fuentes de energía para generar calor (energía térmica) en procesos relativamente sencillos de deshidratación de materiales como el secado, la cocción o en algunos casos la calcinación. Entre estas industrias podemos citar la producción de ladrillos y otros productos de cerámica, la producción de yeso, la producción de cal, la elaboración de ulexita, el secado de arroz, la producción de chancaca, etc. donde la cantidad de éstas en todo el país podría alcanzar entre 2500 y 3000 industrias con una cantidad que podría superar las 5500 unidades de producción (hornos).

Estas unidades de producción que tienen rendimientos de procesos de entre 35% y 55%, son construidas como hornos tipo cámara de sección trapezoidal o casi rectangular de bocas atravesantes y de paredes fijas o paredes provisionales cuyas dimensiones varían según la capacidad requerida y las técnicas locales adoptadas para la construcción que optan por el barro o ladrillos para su construcción. Estos hornos presentan bocas de alimentación (tres o cuatro de forma oval o triangular) tanto en su pared anterior, como

en la posterior y entre ellas corre un canal que las conecta. El cargado del horno con el producto a tratar se realiza dejando inicialmente una especie de bóveda sobre las bocas atravesantes formada con el producto y luego se lo distribuye sin dejar espacios. La combustión se realiza por las bocas por donde se introduce la leña u otros combustibles biomásicos después del cargado del horno, la cual se inicia con pequeñas cantidades de diesel u otro combustible que encienden la leña, la que se presenta en forma de grandes troncos y ramas y cuya alimentación es constante. Los tiempos de combustión en bocas varían de acuerdo a muchos factores, mayormente climáticos, que pueden oscilar entre 32 y 72 horas.

Los diferentes procesos de producción necesitan un calentamiento y enfriamiento uniformes en toda la masa con una adecuada velocidad de cambio de temperatura para la obtención de productos de calidad. Entre estas etapas, se considera de suma importancia el mantenimiento de la temperatura final de cocción para lograr que las temperaturas se igualen por todo el volumen de la masa del producto y se concluyan las reacciones que transcurren en este proceso. Una vez terminada la cocción, se cierran herméticamente las bocas de combustión y se tapan las grietas y se inicia el periodo de enfriamiento.

Generalmente las pérdidas en las paredes de los hornos por convección alcanzan del 10% al 15 %, las pérdidas por productos no combustionados y gases de combustión alcanzan aproximadamente un 35 - 45 % y otras pérdidas alcanzan hasta un 2 - 5% de la energía total proporcionada con las fuentes de energía. En algunos casos las pérdidas por calor sensible de los gases de combustión son muy altas, debido a que este calor no es aprovechado (deshidratación de productos a cielo abierto), y es entonces donde las temperaturas de los gases de combustión en la salida de la chimenea alcanzan los 700 °C. aproximadamente. Por esta razón, en muy pocos casos y sólo en procesos que se realizan en varias etapas se han realizado mejoras muy rudimentarias y se aprovechan estos gases de combustión para procesos de precalentamiento de algunos productos, materiales o insumos de los procesos.

Estas tecnologías permiten observar una excesiva cantidad de combustible quemado en bocas, debido a que una vez alcanzada la temperatura final de cocción se sigue cargando el horno con una cantidad de leña mayor a la necesaria y que no contribuye al mantenimiento de esta temperatura en un nivel constante y además los procesos sugieren fases de deficiente combustión, especialmente cuando se utiliza bagazo. Vale la pena mencionar que la quema se prolonga por más tiempo del necesario, ésto se debe a que los artesanos por experiencia empírica terminan la quema cuando logran ver llamas en la parte superior del horno, lo que ocasiona que en muchos casos que el producto se sobreque. Por otra parte, existe desconocimiento de las técnicas de distribución del combustible (biomasa) y de los productos en el interior de los hornos donde no se distribuye este combustible en los distintos niveles del interior del horno y no se dejan espacios para circulación del aire.

En algunos procesos, especialmente referidos a secado de productos, se utiliza tanto energía térmica como energía eléctrica. La energía eléctrica es utilizada para el funcionamiento de motores de elevadores y en ventiladores de los sistemas de circulación de aire caliente, mientras la energía térmica proveniente de la combustión de leña en los hornos, que se emplea para el calentamiento del aire de secado. En estos casos los hornos para la producción de aire caliente son del tipo de cámara y tienen forma trapezoidal con

paredes fijas y presentan una sola boca de alimentación en la pared lateral de forma rectangular por donde se introduce la leña, la cual se presenta en forma de grandes troncos y ramas y cuya alimentación es constante. El tiempo de combustión de la leña en los hornos depende de la humedad de los productos y oscila entre 8 y 15 horas.

Las pérdidas en las paredes por radiación - convección alcanzan aproximadamente el 20% (11% por radiación y 9% en convección), las pérdidas por productos no combustionados constituyen desde un punto de vista generalizado, el 11% de la energía térmica total proporcionada (a partir del poder calorífico de la leña introducida en el proceso). La energía útil para el proceso de secado se estima que alcanza el 69% de la energía total proporcionada y se calcula que el proceso de secado tiene un rendimiento de aproximadamente el 55%. Todos los factores anteriormente expuestos sugieren un importante potencial para la transferencia de tecnología para el sector, especialmente en el campo de las mejoras de procesos y aumento de eficiencia en el uso de la energía y así reducir los consumos de ésta y las emisiones asociadas.

Algunas de las mejoras tecnológicas en el campo de la eficiencia energética se pueden realizar sin buscar grandes cambios en patrones culturales y costumbres o experiencia empírica y saltos cualitativos tecnológicos. Entre estas soluciones, basados en análisis y evaluaciones para cada proceso particular, podemos observar que las necesidades tecnológicas están referidas a la implementación de sistemas de carga y apilado de los productos en los hornos para mejorar la circulación del aire con instalación de cortinas de aire (canales verticales, horizontales y longitudinales) y aumentar la recuperación interna de calor; distribuir la leña en el interior del horno dentro de canales, para obtener un patrón de combustión más uniforme; aumentar la altura relativa del horno para conseguir un aprovechamiento más eficiente del calor; diseñar y construir hornos tipo cámara, con distribución de calor a media altura del horno, es decir disponer de bocas de alimentación secundarias a diversa altura respecto al suelo y mejorar el aislamiento térmico de las paredes. En algunos procesos, como la producción de ladrillos, se debe analizar la adición de elementos suplementarios (aserrín, arena, yeso y otros). Con estas medidas inicialmente se mejorarían los procesos de combustión y se evitaría un tiempo de quema mayor al necesario y, por consiguiente, se reduciría la cantidad de combustible que se utiliza en los procesos.

Tomando en cuenta que pueden existir pérdidas impredecibles de energía en este tipo de procesos, pueden ser alcanzadas disminuciones adicionales en el consumo específico de energía introduciendo algunas modificaciones avanzadas a los hornos o a los procesos que ocurren en éste, por ejemplo las referidas a la adición de aire post-combustión para oxidar los productos no quemados y la recirculación parcial de gases de combustión.

Se ha observado el escaso aprovechamiento de los residuos industriales orgánicos en muchos procesos, por ejemplo para los ingenios arroceros donde la cascarilla de arroz representa aproximadamente el 25% del peso del arroz seco con cáscara limpia. La disponibilidad de importantes cantidades de estos residuos biomásicos que son susceptibles a diversas transformaciones (briquetas o aglomerados) podría dar lugar a importantes mejoras tecnológicas como la sustitución de la leña utilizada en los procesos de secado. Es necesario mencionar que la cascarilla de arroz tiene un poder calorífico aproximado de 3,84 kWh/kg y aunque las calderas que son alimentadas con ésta son caras, resulta bastante económico mantener una planta de secado con esta clase de

combustible, que es tan barato que aproximadamente proporciona 2677 kWh por \$US invertido en esta fuente de energía⁴¹. Existen tecnologías bastante desarrolladas para la quema de cáscara de arroz en hornos con rejillas y calentamiento indirecto, es decir, utilizando un segundo flujo de aire limpio que es calentado por los gases de combustión.

Para procesos que utilizan también energía eléctrica se ve la necesidad de formación de capacidades en las evaluaciones del uso de esta fuente, pues fruto de estos análisis se puede inducir a la compra y reubicación de motores, cables y capacitadores adicionales, que se estima intentan lograr un 15% de ahorros en energía eléctrica.

En el caso de los procesos de producción de chancaca, por ejemplo, se ha observado el aprovechamiento parcial de los residuos orgánicos del proceso (el bagazo constituye aproximadamente el 65% del peso de la caña antes de ser procesada) y la disponibilidad de importantes cantidades de estos residuos respecto a la posibilidad de sustitución de la leña o parte de ella utilizada actualmente. Por otra parte, existe la tecnología de hornos múltiples con una cámara de combustión, con una longitud y una inclinación respecto a la horizontal adecuadas, para la distribución uniforme de temperaturas a lo largo del mismo. Este horno debe permitir disponer sobre el mismo varias pailas en forma de cascada, en cada una de las cuales se realice uno de los procesos de obtención de chancaca (clarificación, deshidratación y dos de cristalización) y generar el calor requerido para las diferentes etapas del proceso con una sola cámara de combustión. En estos casos se utiliza bagazo como combustible y leña para mantener temperaturas altas y para calentar el horno al iniciar el proceso. La implementación de este tipo de hornos en estas industrias proporcionaría la posibilidad de un ahorro del 89,5% en los costos de adquisición de leña. Además, parece adecuado analizar e implementar la posibilidad de recuperar el vapor obtenido en los procesos de deshidratación, como agente de precalentamiento de los productos intermedios (especialmente el jugo de caña y la miel de caña) y que actualmente se pierde en el proceso de deshidratación. Se estima que con la introducción de las medidas de eficiencia energética mencionadas anteriormente, los consumos de leña se reducirían hasta en un 80%, es decir, existe un muy importante potencial de ahorro de leña.

Finalmente, existen tecnologías de mayor grado de avance que podrían ser implementadas en este sector, las cuales con diseños y evaluaciones apropiados buscarían la sustitución de la leña y otros combustibles biomásicos con otros tipos de combustible, tales como el gas natural y el GLP, en base a las construcciones y procesos mejorados existentes en este tipo de industrias.

b) Iluminación y Otros Usos Finales de Energía

Como se mencionó anteriormente los usos comerciales de la energía eléctrica en el sector comercial están referidos a la iluminación pública y al uso en edificios comerciales y públicos, además de la amplia variedad de diferentes aparatos y dispositivos que se utilizan en actividades de este sector.

⁴¹ *Arroz en los trópicos; guía para el desarrollo de programas nacionales*. Robert F. Chandler, IICA – 1984.

Actualmente en la iluminación pública se utiliza una variedad muy amplia de lámparas dependiendo de la zona en que se encuentren, desde las de filamento incandescente de poca potencia (150 – 250 W con promedios de vida útil no superiores a las 1500 h) en zonas rurales y ciudades pequeñas hasta las lámparas de mercurio con auto-balasto que se usan en muchas ciudades (750 W en promedio y 16000 h de vida útil) lo que las hace poco eficientes respecto a otras lámparas mucho más modernas. En este sentido, las tecnologías modernas han desarrollado lámparas más eficientes de sodio de baja presión con balasto electrónico de 165 W y con fotosensores para su encendido y apagado automático dependiendo de la luz solar, las cuales proporcionan el mismo flujo luminoso que las lámparas comunes pero con una potencia aproximadamente 4,5 veces menor.

En las actividades de iluminación del sector comercial y general se utilizan generalmente lámparas fluorescentes standard con balasto (40 - 75 W) y lámparas incandescentes, por lo que las necesidades de tecnología se dirigen al uso y amplia difusión de lámparas fluorescentes de 26 mm con balasto electrónico y reflector, considerando que estas lámparas fluorescentes eficientes proporcionan el mismo flujo luminoso que las de tipo standard con una potencia en promedio 3 veces menor, lo cual debería estar acompañado con adecuados diseños de distribución de luminosidad en los ambientes y orientación de las edificaciones y el uso de tecnologías de iluminación para graduar la luminosidad y la necesidad de iluminación.

Por otra parte, algunos de los usos intensivos de la electricidad en el sector comercial están referidos al calentamiento de agua y la calefacción de ambientes (dependiendo de la zona geográfica), especialmente en edificaciones de oficinas, comercios y otros ambientes de servicio público, como hospitales, hoteles, centros de educación, etc., los que pueden ser objeto de transferencia tecnológica similar a la que se expuso para estos usos finales en el sector residencial sólo que a mayor escala y en base a evaluaciones técnico-económicas diferentes. Es decir, los usos de calentamiento de agua y la calefacción de ambientes pueden ser sujetos a transferencia tecnológica tanto en la conversión hacia el gas natural como en el uso de energía solar, así como fuentes de energía térmica, sin descartar que soluciones globales tecnológicas como las centrales combinadas termoeléctricas suministrarían diversos tipos de fuentes térmicas y cubrirían demandas actuales y futuras a sectores como el residencial, el comercial y el industrial.

Tabla 1.4. Resumen de las Opciones para la Transferencia de Tecnología – Sector Comercial e Industrial Rural.

| |
|---|
| <p>Actividades Industriales Rurales</p> <ul style="list-style-type: none">- Mejoras en la ingeniería de los procesos térmicos industriales (sistemas de carga y apilado eficientes, mejora de sistemas de circulación de aire, recuperación de calor, mejorar el aislamiento y la construcción de los hornos, inyección de aire post-combustión). Uso de hornos múltiples. Recuperación de vapor de procesos de deshidratación para precalentamiento.- Uso de residuos industriales biomásicos como combustible en procesos térmicos.- Mejoras en el uso de la energía eléctrica (uso de motores eficientes, reubicación de los existentes, introducción de cables y capacitores adicionales).- Cambio de combustibles biomásicos a gas natural o GLP.- Formación de capacidades nacionales. |
| <p>Iluminación y Otros Usos Finales de Energía</p> <ul style="list-style-type: none">- Uso de lámparas eficientes para iluminación pública y en ambientes públicos.- Uso de tecnologías de iluminación para graduar la luminosidad y la necesidad de iluminación.- Uso de energía solar y de gas natural para obtención de energía térmica (hoteles, hospitales, colegios, etc.).- Provisión de energía térmica a partir de unidades centralizadas a gas natural. |

Fuente: *Elaboración propia.*

El Sector Industrial

El sector industrial es extremadamente diverso e involucra un amplio rango de actividades que incluyen la extracción de recursos naturales, la conversión en materias primas y la manufactura o productos finales que sobresalen a nivel global, además de la producción de hierro y acero, la química, la refinación de petróleo y producción de gas natural, la pulpa y el papel y el cemento, los que aproximadamente consumen el 45% de todo la energía del sector.

El uso de energía y sus emisiones dependen de la estructura del sector industrial y de la intensidad energética y de uso de carbono de cada una de sus actividades. Esta estructura puede depender del desarrollo económico, como también de factores tales como la disponibilidad de recursos y factores históricos de un país.

En 1995, el sector industrial contabilizó el 41% (133 EJ) del total de la energía global usada y un 43% de las emisiones globales de CO₂⁴², además de emitir varios otros GEI. Aún cuando la eficiencia de los procesos industriales se ha incrementado considerablemente durante las décadas pasadas, las mejoras en la eficiencia energética continúan siendo las mayores oportunidades para reducir las emisiones de CO₂, siendo que los potenciales de mejoras de eficiencia y reducciones de emisiones se encuentran en todos los sectores y procesos industriales. En el corto plazo, las mejoras en la eficiencia energética son la mayor medida de reducción de GEI, además tomando en cuenta que

⁴² *Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. A Special Report of IPCC Working Group III.* IPCC, 2000.

nuevos esquemas de procesos, eficiencia en el uso de recursos, sustitución de materiales, cambios en el diseño y la manufactura de productos resultantes en uso de menos material e incremento de reciclado, cada una de las cuales puede llevar a reducciones sustanciales en las emisiones de GEI, a través de la reducción de la intensidad de energía.

Por otra parte, la conversión a otros combustibles industriales menos intensivos en carbono, tales como el gas natural, pueden ser vías para reducir GEI de una manera costo-efectiva. Adicionalmente al reemplazo de las existencias tecnológicas, el cual es una excelente oportunidad para el ahorro energético, existen muchas acciones de bajo costo que pueden ser adoptadas como parte de las *prácticas de buena administración energética*.

Las reducciones de emisiones de GEI son tecnológicamente factibles para el sector industrial de los países desarrollados si las tecnologías comparables a la presente generación de las diversas actividades industriales eficientes son adoptadas durante las rotaciones regulares de existencias tecnológicas. Para los países con economías en transición, las reducciones de emisiones están íntimamente ligadas a las elecciones de nuevo desarrollo económico y la forma de reestructuración industrial. Mientras en los países en desarrollo los grandes potenciales para la adopción de tecnologías de eficiencia energética existen debido a que el rol de la industria se está expandiendo en la economía.

En la industria, las reducciones de emisiones son resultado de inversiones en equipos modernos, que hacen énfasis en la atención en políticas de inversión ambientalmente sanas. En varios sentidos, la industrialización afecta al ambiente de manera adversa, lo que incrementa la necesidad de transferencia de tecnologías limpias a los países en desarrollo, proceso que involucra la valoración, el acuerdo, la implementación, la evaluación y el ajuste, y la replica de las mismas y fundamentalmente la construcción de capacidades nacionales. Los países en desarrollo además de sufrir de todas las barreras que inhiben la transferencia de tecnología, también deben enfrentar una multitud de otros problemas, debido a que las inversiones en tecnología industrial son dominadas por el sector privado y que las inversiones extranjeras directas se están incrementando pero concentradas en un pequeño grupo de países que rápidamente se están industrializando, además de que el financiamiento público para el desarrollo de tecnología y transferencia en los países industrializados, aunque todavía existe, está decreciendo.

De todas maneras, el crecimiento futuro de las industrias básicas, en gran medida ocurrirá en los países en desarrollo y ellos serán los más importantes mercados para los procesos nuevos y de eficiencia energética, pero el desarrollo de la tecnología seguirá fundamentalmente siendo desarrollado en los países industrializados, sin contar el hecho de que la demanda absoluta para tales tecnologías se está estancando o es relativamente baja. Los países industrializados van a ser menos favorables para la innovación de tecnologías en las industrias de procesamiento de materias primas, si ellos tienen aplicaciones limitadas para tales procesos. Este desarrollo implica la necesidad para la adaptación tecnológica a las condiciones prevalecientes en los países en desarrollo y a la intensificación de la colaboración entre los usuarios y proveedores de los nuevos procesos industriales, siendo necesario que las necesidades de transferencia tecnológica sean estudiadas y desarrolladas dentro de estas perspectivas.

El sector industrial nacional, desde el punto de vista de demanda de energía considera un amplio rango de actividades en los subsectores de minería - metalurgia, industria general, caminos, construcción, industrias eléctricas, industrias petroleras y otros consumidores.

Debido a falta de precisión en las existentes fuentes estadísticas, ciertos consumos de energía, como el de gas natural del subsector minería - metalurgia se consideran dentro del subsector de industria en general, por no existir información que permita diferenciar ambos datos. Por otra parte, en el subsector de industrias eléctricas se consideran ciertos usos auxiliares de combustibles, como la gasolina que no es usada para la generación de energía eléctrica, mientras que para el subsector de industrias petroleras se tomó en cuenta el uso de varios combustibles auxiliares no utilizados en los procesos de esta industria, sino más bien como fuente de energía en procesos de combustión, sobresaliendo el gas natural que es el más importante combustible auxiliar y el que en los últimos años ha disminuido en su consumo global debido a la aplicación de medidas de eficiencia en procesos de combustión.

El sector industrial en el largo plazo es uno de los más importantes sectores desde el punto de vista de la demanda. En 1999 representaba el 32,82% de la demanda total de energía (90,37% en procesos térmicos y 9,63% en procesos eléctricos), y el subsector de industria general representaba el 62,97% de la demanda de este sector (56,91% en procesos térmicos y 6,06% en procesos eléctricos), seguido por la industria petrolera con el 18,60%, la construcción con el 5,80% y la minería – metalurgia con el 4,50%. En el año 2012 según proyecciones tendenciales el sector industrial constituirá el 39,09% de la demanda total nacional y el 43,08% según proyecciones optimistas, mientras que el subsector de industria general se constituye en el más importante del sector, representando el 68,16% de la demanda según proyecciones tendenciales y el 65,47% según proyecciones optimistas. A este subsector le siguen la industria petrolera con el 12,46%, la construcción con el 7,06%, la minería – metalurgia con el 5,02% y el 5,32% según las proyecciones tendencial y optimista respectivamente, y caminos y carreteras con el 3,92% y el 3,31% respectivamente. Las fuentes de energía más utilizadas en 1999 en el sector industrial eran el gas natural que cubría el 43,62% de la demanda, el bagazo con el 25,86%, el diesel oil con el 12,99% y la electricidad con el 8,96%, mientras que en el año 2012 la fuente más utilizada será el gas natural con el 39,90% y el 43,39% de la demanda según las proyecciones tendencial y optimista respectivamente, seguido por el bagazo con el 28% y el 26,89% respectivamente, el diesel oil con el 15% y el 13,11% respectivamente y la electricidad con el 9,67% y el 9,56% respectivamente.

A estos patrones de consumo de energía le corresponden cantidades importantes de emisiones de GEI, las cuales alcanzaron en 1999 a un total de 1785,11 Gg de CO₂ no biogénico y 1206,72 Gg de CO₂ biogénico haciendo un total de 2991,83 Gg. De este total, 2035,20 Gg (68,03%) fueron emitidos por la industria general (828,48 Gg de CO₂ no biogénico y 1206,72 Gg de CO₂ biogénico) y 510,47 Gg por la industria petrolera (17,06%), 189,51 Gg por la construcción (6,33%), 120,32 Gg por otras industrias, 30,06 Gg por la minería y 1,15 Gg por la industria eléctrica (usos auxiliares de combustibles). Las principales fuentes fósiles de emisiones de CO₂ son el gas natural con 1143,60 Gg que representan el 64,06% del total del sector (659,27 Gg provenientes de la industria general y 484,32 Gg de la industria petrolera), seguida por el diesel oil con 430,62 Gg

(24,12%), la gasolina con 136,48 Gg (7,65%) y el GLP con 17,37 Gg, mientras que la única fuente biomásica es el bagazo que significa el 100% de la emisión de CO₂⁴³.

Características Tecnológicas y Necesidades para la Transferencia de Tecnología

En el sector industrial existe una amplia variedad de categorías de tecnologías y prácticas para mitigar las emisiones de GEI, las cuales son perfectamente aplicables a la realidad nacional. Entre las opciones principales están:

Usos Finales:

- *Aumentos en la eficiencia energética*, a través de usos finales más eficientes y reducción en las pérdidas de energía. Estas medidas pueden ser inducidas a través de mecanismos de mercado, acuerdos voluntarios, reformas en los precios de la energía, programas de información y con la cooperación internacional, con efectos en el medio ambiente como la reducción de CO₂ y la contaminación atmosférica, en lo económico por ser altamente costo-efectivas y en lo social porque pueden generar ciertos problemas de equidad en el suministro de los servicios de energía.
- *Mejora de procesos*, a través de la integración de procedimientos y procesos y la reducción de otros gases diferentes del CO₂. Estas medidas pueden ser inducidas a través de acuerdos voluntarios y normas reglamentarias, son altamente costo-efectivas y ayudan en la reducción de CO₂ y de la contaminación atmosférica.
- *Nuevas tecnologías y procesos*, referidas a la implementación de nuevos procesos tecnológicos (cemento, acero, pulpa y papel, etc.). Estas medidas deben estar promovidas por procesos de investigación, desarrollo y demostración y la cooperación internacional. Los efectos ambientales se refieren a la reducción de CO₂ y otros gases diferentes del CO₂ y la contaminación atmosférica y sus beneficios económicos se remiten a la promoción de inversiones en investigación y desarrollo, la costo-efectividad a largo plazo y la transformación de la base e infraestructura industrial.

Conversión:

- *Cogeneración*, a través de generación combinada de calor y electricidad en diferentes tipos de turbinas y con celdas de combustible. Estas medidas pueden ser inducidas a través de mecanismos de mercado, acuerdos voluntarios, normas reglamentarias y por procesos de investigación, desarrollo y demostración, con efectos ambientales como la reducción de CO₂ y la contaminación atmosférica. En lo económico se observan impactos por ser medidas altamente costo-efectivas y promover cierta reestructuración industrial.
- *Cambio de combustibles*, de combustibles fósiles con alta intensidad de carbono hacia el gas natural, la biomasa y la energía solar (procesos de secado, calentamiento de agua). Estos procesos generalmente se inducen por medio de normas reglamentarias y se alcanzan efectos ambientales como la reducción de CO₂ y la contaminación atmosférica. En lo económico se observan impactos por ser medidas altamente costo-

⁴³ Las estimaciones y proyecciones están basadas en cálculos propios realizados con ayuda del modelo Long-range Energy Alternatives Planning system – LEAP.

efectivas y si se acompañan con la internalización de los costos externos pueden acelerar los cambios. Se requiere que se lleguen a acuerdos con otros usuarios de energía (por ejemplo para la biomasa).

Uso de Materiales:

- *Uso eficiente de materiales*, a través del diseño eficiente, la sustitución y el reciclado de materiales y a la distribución en cascada de la calidad de los materiales. Estas medidas pueden ser inducidas a través de mecanismos de mercado, acuerdos voluntarios, normas reglamentarias y por procesos de investigación, desarrollo y demostración, con efectos ambientales como la reducción de CO₂, la contaminación atmosférica, los residuos sólidos y el uso de materias primas. En lo económico se observan impactos positivos por ser medidas altamente costo-efectivas que permiten reducir el uso de recursos primarios y dislocar las industrias existentes, además de crear empleos cerca de los usuarios de los productos.

La sensibilidad de la industria al cambio climático se cree que es baja, comparada a la sensibilidad de los ecosistemas naturales⁴⁴. Sin embargo, el cambio climático puede tener impactos (locales y regionales) sobre la disponibilidad de recursos para la industria, como resultado en los cambios en la temperatura, los patrones de precipitación y la frecuencia de eventos extremos y desastres, en particular la disponibilidad de agua (como recurso, recurso energético o para enfriamiento) y las materias primas renovables (cultivos industriales y para consumo) pueden ser muy afectados. Por esta razón, el sector industrial también necesita adaptarse al cambio climático, dependiendo de las condiciones locales, por ejemplo mejorando su eficiencia de uso de agua, fortaleciendo su flexibilidad hacer frente a las fluctuaciones de la disponibilidad de materias primas, a través de la reducción de la vulnerabilidad de la producción a las condiciones climáticas y a través de la apropiada ubicación y adaptación de las instalaciones industriales. Estas acciones pueden incluir una variedad de medidas, tales como la protección de las instalaciones industriales de tratamiento de aguas residuales de inundaciones (aguas de tormentas), la reducción de la dependencia sobre el uso de agua para varios propósitos y la reubicación de zonas costeras vulnerables. La fluctuación de los niveles de las aguas del mar o de ríos puede afectar al suministro estable de materiales a las instalaciones industriales. Por otra parte, existen muchos ejemplos en los cuales la escasez de agua ha llevado a la innovación en las tecnologías industriales eficientes que significan mejoras en la eficiencia energética y a consolidar el potencial de reducciones de GEI.

Se calcula que en el país en 1998 aproximadamente existían unas 13000 actividades industriales de diferentes dimensiones, incluyendo desde grandes industrias hasta micro industrias, de las que aproximadamente 1567 estaban en el rango de grandes, medianas y pequeñas industrias, las cuales paulatinamente han ido disminuyendo fundamentalmente por problemas económicos (en el año 1996 esta cifra alcanzaba a 1808 industrias)⁴⁵. La mayoría de estas industrias (78,4%) se hallaban concentradas en los tres departamentos más importantes del país, 521 en La Paz, 360 en Santa Cruz y 347 en Cochabamba. Se

⁴⁴ IPCC, 1996a citado en *Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. A Special Report of IPCC Working Group III*. IPCC, 2000

⁴⁵ Unidad de Medio Ambiente / BID929 – Viceministerio de Industria y Comercio Interno, 2001.

debe mencionar que en Diciembre del 2000 existían 904 usuarios industriales que utilizaban el gas natural como combustible.

Se estima que del total de empresas establecidas en el país, sólo el 2% son consideradas grandes y consumen aproximadamente el 90% de la energía demandada por el sector. Además, podemos observar que el crecimiento de la demanda de energía, históricamente ha evolucionado más rápidamente que el crecimiento del PIB industrial, lo cual muestra de manera evidente que la industria en Bolivia ha sido cada vez menos eficiente en el consumo de energía, aunque en la década pasada se haya observado la disminución de la intensidad energética en el sector, lo que se explica por el incremento del uso de gas natural en las grandes industrias. Respecto al uso de energía eléctrica en el sector, se ha observado un decrecimiento en los últimos años, debido a la disminución de la cantidad de industrias en operación como se mencionó anteriormente, el cual de 626 GWh en 1996 decreció hasta 580 GWh en 1998⁴⁶. Estos hechos, más otros factores, muestran que el rendimiento en el uso final de fuentes de energía en el país es muy bajo y está en el orden del 28%, por esta razón es imprescindible establecer líneas de acción que permitan mitigar los efectos negativos sobre el sector productivo en el mediano y largo plazo y que incidan sobre las emisiones de GEI.

De manera general se pueden subrayar las características de uso final de energía en el sector industrial y esencialmente en el subsector de industria general (manufactura) de Bolivia. La descripción que se hace es el resultado de las observaciones realizadas durante el trabajo de auditorías energéticas que se efectuaron durante los últimos 5 años en aproximadamente 30 empresas de distintos tamaños y rubros de actividad, tanto del área urbana como rural en distintas ciudades del país, lo cual tiene más bien carácter referencial a partir de los trabajos de campo y observaciones y que no pretende ser un diagnóstico del sector⁴⁷.

Dentro de las industrias del área urbana, existen marcadas diferencias entre las empresas denominadas grandes y medianas y pequeñas respecto al uso final de la energía. En las empresas grandes generalmente se cuentan con unidades encargadas del seguimiento y control del uso de la energía, tanto térmica como eléctrica. Estas unidades poseen por lo general con personal técnico, como ingenieros y técnicos medios encargados del mantenimiento de equipos y el control del consumo. Con excepción de pocas empresas que utilizan tecnología de punta, la mayoría cuentan con maquinaria antigua y en muchos casos de segunda mano y adaptada. Los sistemas de control automático han sido introducidos de manera parcial en muchas empresas.

Las industrias medianas, pequeñas y rurales, por lo general son industrias con maquinaria antigua y readaptada para sus necesidades. La presencia de control automático es casi inexistente y la mayoría de los procesos son obsoletos. Y como se dijo anteriormente, en el caso de las industrias rurales, la mayoría usan como energético leña, estiércol o residuos vegetales. Los problemas que enfrentan con relación al uso de energía son similares a los de las empresas grandes mencionados anteriormente, pero en mayor proporción. El problema mayor que enfrentan estas empresas es la ausencia de técnicos encargados de mantenimiento, por lo general son los mismos operarios no calificados los

⁴⁶ Ibid.

⁴⁷ Antonio Ruiz - ESMAP, 2001.

que efectúan las nuevas instalaciones o reparaciones que se requieren. Los niveles de ineficiencia son mayores, esto se puede colegir a partir de los indicadores de consumo específico, o a partir del peso relativo que tiene el consumo de energía respecto a su costo de producción.

De manera general para todas las industrias del país, se puede observar la ausencia de sistemas adecuados de gestión en el uso de la energía y de instrumentos (medidores, software, etc.) para el uso eficiente de los insumos energéticos, de agua y residuos. Un porcentaje importante de las pérdidas observadas se debe a la ausencia de metodología de gestión energética. Adicionalmente, juega un rol importante la falta de capacitación del personal encargado del control y del uso de la energía.

Esta situación y la realidad nacional muestran un importante campo de necesidades para la transferencia de tecnología la cual permitiría mejorar la eficiencia energética en la industria, especialmente en los dos subsectores que tienen potencial y que son el de la industria general o manufacturera (en procesos térmicos y eléctricos) y la minería (en procesos eléctricos). En este sentido, todas las acciones referentes a la transferencia de tecnología pueden realizarse en tres grupos de actividades: el primer grupo está referido al reordenamiento interno que permite alcanzar el 5% - 10% de ahorro de energía; el segundo grupo se refiere al mejoramiento en los sistemas de mantenimiento con el 10% - 12% de ahorro de energía y el tercero está referido a las mejoras de procesos y tecnología con el 10% - 15% de ahorro de energía.

a) Procesos Eléctricos

En general, los problemas que con mayor frecuencia se encuentran en la industria nacional, sin considerar aspectos particulares sobre el subsector o los procesos industriales que se desarrollan y que están relacionados a los usos de electricidad son:

- Sobredimensionamiento de motores.
- Falta de compensación de energías reactivas o, en su caso, cálculo deficiente de bancos de capacitores o su ubicación indebida.
- Ausencia de variadores de velocidad en motores que mueven cintas de transporte u otros similares.
- Desequilibrio de fases, generalmente por la ausencia de un proyecto adecuado de instalaciones.
- Instalaciones eléctricas inadecuadas.
- Iluminación no adecuada.

Por esta razón, las necesidades de transferencia tecnológica están dirigidas de manera general a mejorar la administración de la energía, especialmente se debe administrar y controlar las demandas máximas en industrias donde los procesos muestran picos de demanda, lo cual se lograría con equipos de control automático de demanda máxima que pueda tomar acciones correctivas, reducir cargas momentáneamente y/o desconectar cargas no críticas, complementados con programaciones de producción y arranque de motores de manera secuencial.

Por otra parte, se necesita redistribuir los motores existentes y adquirir motores de alta eficiencia reemplazando de manera progresiva la generalidad de motores obsoletos con que se cuentan. En los equipos donde haya variación de caudal por estrangulamiento (ventiladores, bombas y sopladores) se deben implementar variadores de velocidad con lo cual la potencia de los equipos se reducirá obteniendo ahorros de potencia y energía.

En los equipos mecánicos que consumen gran cantidad de energía como los molinos, se debe efectuar programaciones óptimas y delinear programas de reposición de piezas, considerando rendimientos.

Algo muy importante es la compensación de la energía reactiva, lo cual se lograría a través de compensaciones de tipo mixto, es decir compensación individual para motores principales, compensación para grupos de motores o tableros y compensación centralizada en el tablero principal automático. Además, se deben reinstalar condensadores lo más próximo posible a las cargas para reducir pérdidas de corriente reactiva en el cableado interno y reducir las caídas de tensión.

Las mejoras en los equipos de procesos también son importantes, ya que están referidas a la regulación automática de desconexión para equipos cuando no son utilizados excepto para las maquinas de gran inercia, evaluación y verificación de requerimientos de operación en cuanto a temperaturas, presiones y tiempos para alcanzar en los procesos los mismos resultados con menores niveles de consumos de energía, utilización de los equipos más eficientes en la máxima capacidad todo el tiempo y los menos eficientes como respaldo, en lo posible mejorando el proceso para que sea uniforme y continuo y optimizando los usos de aire comprimido y los compresores mismos.

Finalmente, en muchas industrias existen capacidades inexploradas para la autogeneración de energía eléctrica y para lo cual las necesidades de transferencia tecnológica son el paso más lógico en el ahorro energético y que podrían estar dirigidas a recuperación de calor de procesos y conversión en energía mecánica y luego eléctrica y/o al uso de gas natural y en los casos en que existe un potencial no utilizado o parcialmente utilizado de biomasa, como es el del bagazo en los ingenios azucareros, se deberían iniciar procesos de cogeneración o ampliar los procesos existentes.

b) Procesos Térmicos

En relación con los procesos que tienen que ver con el uso de energía térmica, se puede mencionar que la mayoría de las empresas en el país utiliza gas natural para la generación de vapor o de energía térmica, por lo cual la sustitución de combustibles prácticamente ha agotado su potencial.

En este sentido, los problemas más comunes que están relacionados a los usos de energía como fuente térmica, sin considerar aspectos particulares sobre el subsector o los procesos industriales que se desarrollan, son:

- Regulación deficiente de calderos.
- Aislamientos incompletos o ausencia de aislamiento.
- Retorno de condensados precario.

- Trampas de vapor sin control adecuado.
- Fugas de vapor y agua caliente.

En términos de la utilización y consumo de agua se notan:

- Excesivo consumo de agua, tanto en procesos como en limpieza y otros usos menores.
- Ausencia de medidores de control.
- Fugas en cañerías.
- Dispositivos no apropiados para el uso de agua.
- Falta de tratamiento de residuos sólidos y de aguas residuales.

Por lo anteriormente expuesto, las necesidades de transferencia tecnológica están dirigidas de manera general a mejorar la administración de la energía y el potencial existente se refiere a mejoras de procesos y cambios tecnológicos.

Una de las medidas más interesantes se refiere a la reducción de infiltraciones de aire en circuitos de calor, especialmente en etapas de precalentamiento, debido principalmente a la falta de hermeticidad de ductos en entradas de hombre y de mano y en conexiones, las cuales se pueden solucionar con sellos modernos y ajustes en entradas y conexiones de ductos. Además, muchos hornos y calderos tienen bajos rendimientos por estas mismas razones, por lo que es necesario mejorar los procesos de combustión y contar con la ayuda de analizadores de gases fijos con señal en los tableros de control. Estas mejoras podrían representar hasta un 5% de ahorros en consumo de gas natural en muchas industrias.

Una medida tecnológica importante es la reducción de las concentraciones de CO en los gases de combustión, las cuales significan deficiente combustión y mayor cantidad de combustible debido al defecto de aire secundario, lo cual se soluciona mejorando la alimentación de aire secundario y su temperatura, lo que implica a su vez un óptimo aprovechamiento del calor transferido al aire secundario proveniente de ciertos productos que se enfrían mejor, reducción de caudales de aire provenientes de exaustores que lleva a la reducción del consumo de energía eléctrica en los motores de éstos.

Otras medidas tecnológicas adecuadas están referidas a las reducciones de temperaturas superficiales en precalentadores o intercambiadores de calor, en ductos y en paredes de hornos y calderos, mejorando los aislamientos y utilizando materiales modernos. Se debe también prestar atención a las mejoras en el retorno de condensados, controlar las trampas de vapor y eliminar las fugas de vapor y agua caliente. Finalmente, es importante optimizar y programar adecuadamente los procesos de limpieza en equipos para utilizarlos a su máxima capacidad y evitar infiltraciones de aire frío en equipos que tienen inercia térmica.

Tabla 1.5. Resumen de las Opciones para la Transferencia de Tecnología – Sector Industrial.

| |
|---|
| <p>Procesos Eléctricos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías para mejorar la administración de la energía. Control de demandas máximas e implementación de control automático. - Programación avanzada de la producción y control de arranques de motores. - Redistribución de motores e implementación de motores de alta eficiencia en los procesos. Implementación de variadores de velocidad, compensación de energía reactiva y reinstalación de condensadores. - Mejora en equipos de procesos: regulación automática de desconexión, evaluación y verificación de requerimientos de operación en cuanto a temperaturas, presiones y tiempos, utilización de los equipos más eficientes en la máxima capacidad y los menos eficientes como respaldo y optimización de los usos de aire comprimido y los compresores mismos. - Programación óptima de reposición de piezas y mantenimiento. - Autogeneración de energía eléctrica. Recuperación de calor de procesos. Cogeneración. - Formación de capacidades nacionales. |
| <p>Procesos Térmicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías para mejorar la administración de la energía. - Reducción de infiltraciones de aire en circuitos de calor, aplicación de sellos modernos y ajustes en entradas y conexiones de ductos. - Mejora de procesos de combustión e implementación de analizadores de gases fijos con señal en los tableros de control. - Reducción de las concentraciones de CO en los gases de combustión, por deficiente combustión y mayor cantidad de combustible debido al defecto de aire secundario. - Reducción de caudales de aire provenientes de exaustores y reducción del consumo de energía eléctrica en los motores de éstos. - Reducciones de temperaturas superficiales en precalentadores o intercambiadores de calor, en ductos y en paredes de hornos y calderos, mejorando los aislamientos y utilizando materiales modernos. - Mejoras en el retorno de condensados, control de trampas de vapor y eliminación de fugas de vapor y agua caliente. - Optimización y programación adecuada de procesos de limpieza en equipos, para utilizarlos a su máxima capacidad y evitar infiltraciones de aire frío en equipos que tienen inercia térmica. - Formación de capacidades nacionales. |

Fuente: Elaboración propia.

El Sector de Transporte

A escala global en 1995 el sector transporte contabilizó el 26,5% del total del consumo energético y el 22% de las emisiones de carbono provenientes del uso de la energía, las que, incluyendo los búnkers internacionales de la aviación pero no los de la navegación marina, fueron las que crecieron más rápidamente entre 1990 y 1995 con una tasa anual del 2,4%. En 1995 los países del Anexo II de la Convención contabilizaron el 66% del

total, sin embargo las emisiones de los países en desarrollo han incrementado su proporción y las emisiones per cápita de este sector en 1995 fueron de 3,33 t de CO₂ en los países Anexo II y tan sólo de 0,29 t de CO₂ en los países en desarrollo⁴⁸.

Las actividades del transporte y las emisiones de carbono asociadas, debido a su casi total dependencia de los combustibles derivados del petróleo (cerca del 97%) han ido creciendo de manera muy importante desde 1950, principalmente debido a dos motivos, el primero relacionado a la declinación de los costos relativos de viaje y el segundo al crecimiento de los ingresos, siendo la principal fuente de estas emisiones el transporte terrestre. La cantidad de vehículos creció de 50 millones en 1950 a 770 millones en 1997, de los cuales el 78% fueron automóviles y se estima que esta cantidad crece anualmente en 50 millones llegando a los 1000 millones en 12 a 15 años si no existiese una intervención directa⁴⁹.

En las regiones industrializadas con el 21% de la población mundial se cuenta con el 60% y el 80% de los vehículos comerciales y de pasajeros, mientras en los países en desarrollo con el 79% de la población mundial, se cuenta con el 40% y el 20% respectivamente, lo que se refleja claramente en la disparidad de las emisiones asociadas.

El transporte aéreo ha crecido de manera más rápida que el transporte terrestre y entre 1960 y 1990 ha crecido en 9,5% anualmente (pasajero/kilómetro) El transporte de carga lo ha hecho en un 11,7% anualmente (ICAO, 1992), aunque en los últimos tiempos el promedio anual de crecimiento ha sido de 5 – 6% y ha habido reducción en la intensidad de energía, este promedio sigue siendo superior al crecimiento económico. Se debe mencionar que el control de emisiones provenientes de la aviación es probadamente difícil.

Las emisiones del transporte ferroviario han ido declinando debido principalmente a los cambios en el uso del diesel oil y los cambios modales en las actividades del sector transporte. Los cambios de combustible, especialmente de carbón y diesel a la electricidad, han tenido un impacto significativo en la reducción de emisiones de carbono, aunque si las emisiones de la fuente primaria de energía para la electricidad son incluidas, puede ser que no haya mucha diferencia de las emisiones provenientes de todos los sistemas ferroviarios electrificados.

Las actividades de transporte marino se han incrementado constantemente debido a que ellas dependen de los patrones del comercio mundial con ciertos periodos de recesión y las emisiones han seguido estos patrones, aunque no de manera exacta ya que las mercancías son transportadas en naves más grandes y más eficientes, especialmente las mercancías secas a granel que constituyen el 60 – 70% de tales movimientos (Michaelis, 1996).

Generalmente, el crecimiento en las emisiones relacionadas al transporte, especialmente de la motorización, ha resultado en problemas ambientales locales y globales serios. Muchas de las emisiones provenientes de los derivados del petróleo son peligrosas para la salud humana, como irritantes, alergénicos o cancerígenos especialmente a escala local, mientras a escala regional los SO_x y NO_x pueden causar contaminación atmosférica,

⁴⁸ *Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. A Special Report of IPCC Working Group III.* IPCC, 2000.

⁴⁹ Ibid.

hídrica y de suelos y a escala global por los GEI. En adición, la creciente congestión de carreteras en las ciudades de todo el mundo causan problemas de contaminación local que llevan a altos costos económicos y sociales, además que las paradas y arranques de los motores en tráficos congestionados consumen más de tres veces más combustible que en un tráfico de libre flujo.

Las emisiones de carbono provenientes del transporte van a crecer significativamente si no existen grandes cambios en los estilos de vida y comportamientos de viajes, y se estima que el uso global de energía en el transporte y consiguientemente las emisiones de GEI (debido a su relación con los combustibles derivados del petróleo) va a crecer anualmente en 2,2 - 2,6% de 1993 al 2010. La mayor proporción de este crecimiento se espera que venga del transporte privado terrestre y se espera que el transporte terrestre de cargas continúe dominando este rubro, en la medida que las mercancías se hagan más livianas. Debido a este gran crecimiento, la reducción de emisiones para cubrir las demandas de la CMNUCC, requerirá grandes cambios debido a los límites de los cambios en la tecnología. Se estima que las mejoras tecnológicas proyectadas sólo podrían cubrir la mitad de los esfuerzos requeridos para alcanzar las demandas de la Convención. Sin embargo, varias políticas y medidas pueden ser usadas cuando éstas reconocen las condiciones locales específicas, para reducir las emisiones de GEI relacionadas y de manera similar, las buenas prácticas de manejo pueden moderar el crecimiento del consumo de combustibles en la aviación y reducir de esta manera las emisiones.

En este marco y para Bolivia el sector transporte también tiene mucha importancia en la actualidad y en su proyección futura, ya que en 1999 representaba el 36,05% de la demanda de energía y se prevé que en el año 2012 represente el 35,73% según proyecciones tendenciales y el 34,81% según proyecciones optimistas.

Por razones metodológicas el sector de transporte en Bolivia se halla constituido por cuatro subsectores, el terrestre, el aéreo, el ferroviario y el fluvial – lacustre. El subsector más importante es el transporte terrestre, el cual en 1999 constituía el 84,87% de la demanda del sector (el 29,97% el servicio particular, el 53,20% el servicio público y el 1,70% el servicio oficial), mientras el 2012 este constituirá el 86,71% (el 31,88% el servicio particular, el 53,06% el servicio público y el 1,77% el servicio oficial), posteriormente le sigue el subsector de transporte aéreo que en 1999 constituía el 12,09% de la demanda y el 2012 constituirá el 10,62%⁵⁰, el transporte ferroviario el 1,71% y el 1,50% respectivamente y el transporte fluvial y lacustre el 1,33% y el 1,17% respectivamente. Las fuentes de energía más utilizadas en 1999 en el sector transporte eran el diesel oil con 42,10% de la demanda del sector, la gasolina con el 41,44%, el jet fuel con el 11,74% y el gas natural con el 4,39%, mientras que en el año 2012 la fuente más utilizada será el diesel oil con el 43,66% de la demanda, la gasolina con el 33,18%, el gas natural con el 12,54% y el jet fuel con el 10,33%.

Correspondiendo a esta demanda de energía, las emisiones de CO₂ alcanzaron a 3336,55 Gg en 1999 de las cuales 2768,78 Gg corresponden al transporte terrestre (82,98%),

⁵⁰ En la contabilización de la demanda de energía del sector de transporte aéreo, se ha tomado en cuenta la totalidad del combustible vendido a las compañías aéreas, incluyendo el utilizado para vuelos internacionales.

458,67 Gg al transporte aéreo (13,75%), 61,68 Gg al transporte ferroviario (1,85%) y 47,42 Gg (1,42%) al transporte fluvial y lacustre y en el año 2012 las emisiones totales alcanzaron a 5524,88 Gg. Dentro del transporte terrestre, el transporte público contabilizó 1801,21 Gg de CO₂ (65,06%), el privado 914,64 Gg (33,03) y el oficial 52,93 Gg (1,91%).

El combustible que generó más CO₂ fue el diesel oil con 1524,83 Gg (45,70%) especialmente por su uso en el transporte terrestre, seguido por la gasolina con 1148,56 Gg (34,42%) también por su uso en el transporte terrestre, el jet fuel con 452,35 Gg (13,55%) en el transporte aéreo y el gas natural con 204,88 Gg (6,14%)⁵¹.

Características Tecnológicas y Necesidades para la Transferencia de Tecnología

Las tecnologías de mitigación para el transporte son variadas y con ellas se pueden alcanzar éxitos significantes a través del desarrollo de otros esfuerzos como aumentos en el rendimiento, la seguridad y las mejoras en la intensidad de energía. Un gran número de opciones de reducción de GEI potenciales son técnicamente factibles, pero solo algunas son económicamente factibles. Las medidas costo-efectivas pueden variar entre usuarios, disponibilidad de recursos, conocimientos prácticos, capacidad institucional y condiciones locales de mercado, las cuales si están basadas en costos privados también pueden afectar su efectividad de costos.

Las opciones para mitigar las emisiones de GEI pueden ser generalmente clasificadas en cuatro categorías: mejoras en la tecnología de los vehículos (incluyendo naves aéreas y marinas), mejoras en la tecnología de combustibles (incluyendo combustibles alternativos), sistemas no motorizados, y cambios en infraestructura y sistemas de transporte. Las cuales, evidentemente, requieren objetivos complementarios a la reducción de GEI como competitividad, preocupaciones de seguridad y mejoras de la calidad de vida o del medio ambiente local.

Se debe tener en cuenta que el parque automotor del país es relativamente viejo y con tecnología obsoleta debido a que gran cantidad de vehículos con más de 25 años de servicio siguen circulando, especialmente en el transporte público y una gran cantidad de vehículos reacondicionados, que han sido importados después de haber sido descartados en sus países de origen (especialmente de Japón) y que no cuentan con los dispositivos de control ambiental o de mejora de eficiencia que se utilizan en estos países, también están en circulación. Este tipo de vehículos se hallan en servicio tanto para el transporte privado como para el público (minibuses y taxis) y sus modelos generalmente tienen una antigüedad entre 5 y 14 años. La flota en el año 2000 se hallaba aproximadamente compuesta por 446370 vehículos, de los cuales 331680 eran particulares (74,31%), 101275 públicos (22,69%) y 13415 oficiales e institucionales (3%) y los combustibles utilizados eran fundamentalmente la gasolina y el diesel oil y en mucha menor medida el gas natural comprimido, especialmente en el transporte público liviano.

En el caso del transporte aéreo, la flota es considerablemente pequeña con dos compañías nacionales importantes que prestan servicios comerciales con aviones de gran capacidad

⁵¹ Las estimaciones y proyecciones están basadas en cálculos propios realizados con ayuda del modelo Long-range Energy Alternatives Planning system – LEAP.

(aproximadamente 10 naves en total) y varias otras pequeñas que cuentan con muy pocas naves de pocos pasajeros para viajes nacionales cortos y transporte de mercancías a regiones inaccesibles. En general, las naves tienen muchos años de servicio y no cuentan con tecnología de punta y usan fundamentalmente el jet fuel como combustible, existiendo un pequeño número de aviones cargueros que funcionan con gasolina de aviación. Para los vuelos comerciales internacionales se cuenta con los permisos internacionales de circulación que garantizan que se cumpla con estándares mínimos, donde además se han ido implementando capacidades nacionales para realizar las operaciones de mantenimiento y reparaciones mayores en el país.

El transporte ferroviario está actualmente administrado por dos compañías privadas que prácticamente han suspendido los viajes nacionales de pasajeros y se han concentrado en el transporte de mercancías hacia y desde Chile, Brasil y Argentina, donde la tecnología que utilizan es antigua, mayormente con locomotoras a diesel y en menor medida a fuel oil, sin ningún tramo electrificado y prácticamente sin ningún plan de expansión o de modernización de los servicios actuales. El transporte fluvial y lacustre es muy pequeño, con uso de diesel como combustible y en algunas pequeñas unidades gasolina. Además, las únicas naves relativamente grandes pertenecen a la Armada, mientras que la otra cantidad de naves son pequeñas barcas y naves para el transporte de pasajeros y mercancías por ríos en zonas inaccesibles del norte del país, que generalmente cuentan con pequeños motores fuera de borda.

a) Mejora en la Tecnología de los Vehículos

Las mejoras en la tecnología de los vehículos normalmente involucran el mantenimiento adecuado, la mejora de los motores o de los cuerpos de los vehículos, o la reducción de la inercia con el propósito de reducir la intensidad de energía (uso de energía por producto útil) y de esta manera reducir las emisiones de carbono.

Debido a que en el país no se fabrican ningún tipo de vehículos ni naves terrestres, aéreas o acuáticas; ni tampoco partes para estos aparatos, la transferencia de tecnología en este campo es escasa y está relacionada a mejoras en los servicios que se pueden prestar en el país, para lo cual es imprescindible fortalecer las capacidades humanas y de infraestructura. El servicio regular, incluyendo las revisiones regulares de ruedas y aceite, y el afinamiento de los motores pueden llevar a ahorros de combustible del 2 – 10%.

El uso de convertidores catalíticos de tres vías con sistemas de inyección electrónica de combustible puede resultar en la reducción de los precursores del ozono (hidrocarburos no combustionados, CO, NO_x) emitidos por los vehículos a gasolina y vehículos pesados, pero el efecto sobre el calentamiento global es incierto porque el impacto sobre el consumo de combustible es también incierto (IPCC, 1996). La mejora de los sistemas de toma de aire y de gases de escape, además de la reducción avanzada de emisiones especialmente para vehículos diesel pesados y la recirculación de los gases de escape son medidas interesantes que llevan hasta un 97% de control en HC y CO y un 85% de control de O_x y material particulado.

La combustión mejorada con uso de turbinas de gas y motores de retroceso de bajo calor pueden potencialmente resultar en altas eficiencias y consiguientemente en bajas

emisiones, pero en este caso se necesitan materiales para altas temperaturas con sistemas compatibles de lubricación para estas temperaturas. También, motores de carga estratificada de ignición directa pueden ser más eficientes debido a sus cualidades de ignición mejoradas (válvulas de flujo variable dinámicas). Estas medidas resultan en 5 – 10% de ganancia en eficiencia y reducción de O_x y CO₂.

Existe también potencial para incrementar el kilometraje de los vehículos y, por consiguiente, la intensidad energética al reducir la resistencia aerodinámica de rozamiento y de giro que conduce a una eficiencia mejorada y a reducir las emisiones. De manera similar, a través de la disminución de las medidas, sustitución de materiales o rediseño de componentes y mejoras de líneas de dirección y suspensiones, la inercia puede ser reducida y también minimizado el consumo de combustible. La mejora del sistema de transmisión a los cambios electrónicos para condiciones de velocidad y carga óptimas acompañadas de direcciones eléctricas de transmisión continuamente variable pueden resultar en ahorros de energía y emisiones. La instalación de controles electrónicos a bordo y componentes eficientes también mejoran la eficiencia de las máquinas. En promedio se puede alcanzar una ganancia de eficiencia menor al 5% y reducciones de emisiones en promedio menores al 10%.

Las tendencias muestran que si las prioridades son aceptadas entre los fabricantes y usuarios, las mejoras de 10 – 25% en la intensidad de energía podrían ser alcanzadas en los automóviles el 2020 a un costo alto.

La tendencia en buses para un alto nivel de confort y seguridad y motores más potentes ha llevado a un incremento en el consumo de combustible por asiento comparado con buses antiguos, pero esto puede ser reducido usando materiales compuestos avanzados y motores diesel turbo-compuestos. Buses eléctricos pueden ser usados como minibuses en áreas urbanas, pero si se consideran las emisiones primarias y estas provienen de fuentes fósiles para generar energía eléctrica, las emisiones totales podrían ser más altas que en buses a diesel (no en el caso de Bolivia). Los buses híbridos (diesel/electricidad) están en periodo de pruebas, porque ellos pueden ahorrar hasta un 30% de energía si se alcanzan eficiencias de un 85% en los motores/generadores. El uso del metil ester como sustituto del diesel en buses puede lograr reducciones de emisiones de GEI de 25 – 50% en la vida útil de estos. El uso de turbo-carga y enfriamiento de carga en motores de camiones mejora la economía de combustible y reduce las emisiones, existiendo un potencial para mejorar la economía de combustible basado en el desarrollo de nuevos materiales para motores.

La economía en combustible puede alcanzarse mejorando los diseños en trenes, cerca del 5 – 10% de ahorro es posible en las locomotoras diesel y hasta el 30% si se usan sistemas de frenos regenerativos en los metros urbanos. Un 15% se puede ahorrar en los sistemas suburbanos de trenes y el 5 – 10% en los sistemas inter-ciudades.

La intensidad energética en la aviación puede ser mejorada con modificaciones en los motores y nuevos diseños de motores. Motores supersónicos son esperados para después del 2010 y podrían incrementar la eficiencia energética y bajar emisiones, pero estas mejoras podrían llevar a incrementar los movimientos del tráfico.

Las mejoras en la intensidad de energía para barcos y botes también puede ser realizada, modificando los motores con mejoras en los diseños del casco y de las hélices, además

del uso de ejes verticales para las turbinas como también velas pueden ayudar a los motores y también resultar en ahorros de energía.

b) Mejoras en las Tecnologías de Combustibles

La gasolina y el diesel pueden ser mejorados a través de reformulación química que pueden disminuir las emisiones de contaminantes precursores del ozono y de CO por km recorrido, pero aumentarlas para los vehículos no controlados catalíticamente. Los problemas de rendimiento, la capacidad de arranque en frío, la operación suave y la prevención de bloqueo por vapores son desventajas del uso de combustibles reformulados.

Los combustibles alternativos incluyen al gas natural comprimido (GNC), el gas licuado de petróleo (GLP), el metanol proveniente del gas natural, el carbón o la biomasa, el etanol proveniente de la biomasa, la electricidad y el hidrógeno. El uso de estas opciones para reducir emisiones de GEI depende de la facilidad de su uso, rendimiento y costos, sin embargo el GNC, el GLP y el etanol se están usando en nichos de mercado (alto kilometraje y recorridos urbanos) tanto en países desarrollados como en países en desarrollo. Sobre la base del ciclo completo, el uso de GLP puede resultar en un 20 – 25% en reducciones de GEI comparadas con la gasolina, mientras que las reducciones de emisiones por el uso de GNC alcanzan al 15% y aunque el GNC emite menos CO que la gasolina, las reducciones netas dependen de las emisiones asociadas de metano por recuperación, transmisión, distribución y uso del gas natural. Actualmente, países como EE.UU., Canadá, Reino Unido, Tailandia, Nueva Zelandia, Argentina y Pakistán tienen programas para el uso del GNC, el cual se estima que se usa en unos 250 millones de vehículos alrededor del mundo, tanto para las flotas de transporte público como privado, representando el 2% del total del uso de combustible para el transporte en el mundo.

En el caso de Bolivia que tiene importantes reservas probadas de gas natural, el uso de GNC es una de las más atractivas alternativas como combustible para el transporte y no sólo por sus importantes beneficios ambientales, incluyendo la reducción de GEI, sino también por su impacto económico positivo. En este caso, es necesario desarrollar un relativamente buen sistema de distribución, pero las ventajas más allá de los beneficios ambientales, incluyen la reducción en los costos de mantenimiento de los motores, y la mejora en la eficiencia de los motores y del combustible. Las desventajas incluyen la pérdida de potencia (que se soluciona con reguladores de inyección electrónicos), rango limitado de almacenamiento (100 – 150 km) y altos costos de conversión. La conversión a GNC de motores con ignición a chispa es probadamente más económica y técnicamente factible, pero para los motores diesel de alta compresión esta conversión requiere grandes modificaciones. Además, el país ya cuenta con alguna experiencia en este campo y se necesita fortalecerla y extenderla por todo el país para que todos los trabajos de conversión y mantenimiento se hagan con especialistas locales. Actualmente (Diciembre del 2000) se cuenta con 20 estaciones de aprovisionamiento de GNC en las principales ciudades del país.

Los beneficios ambientales del uso del GNC pueden observarse en la tabla siguiente:

Tabla 1.6. Comparación de los beneficios ambientales relacionados al cambio climático de los combustibles utilizados en el transporte terrestre.

| Emisiones | GNC | Gasolina Regular | Gasolina Superior | Diesel Oil |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|
| CO ₂ * | 1 | 1,117 | 1,117 | 1,195 |
| CO | 1 | 10,4 | 9,0 | 1,2 |
| Hidrocarburos no combustionados | 1 | 2,0 | 1,4 | 1,2 |
| NOx | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,1 |
| Material particulado | insignificante | presente | presente | muy alto |
| SO ₂ | insignificante | insignificante | Insignificante | muy alto |
| Plomo | cero | declinando | Declinando | cero |

Fuentes: *Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. A Special Report of IPCC Working Group III. IPCC, 2000.* *Ahorro de Energía y Control de CO₂ a la Atmósfera – Refinería Guillermo Elder. GID – YPFB - Bolivia, 1996.

Las emisiones de GEI provenientes de los combustibles de alcohol, como el metanol y el etanol, dependen de la fuente y la tecnología de conversión, mientras las emisiones provenientes del metanol fabricado de carbón serán el doble que de la gasolina y las del metanol fabricado de gas natural que, por cierto, serán las mismas, mientras que las del fabricado de madera serán menores. El etanol producido del maíz, trigo y remolacha produce emisiones del 20 – 110% de aquellas provenientes de la gasolina, dependiendo de los fertilizantes y el combustible utilizado para la conversión. El etanol fabricado de la producción de azúcar da un 80% de reducción de emisiones de GEI en comparación a la gasolina y cerca del 100% si el bagazo es utilizado en lugar de carbón en la conversión.

Los vehículos eléctricos tienen el potencial de tener significantes reducciones de GEI, dependiendo de la fuente primaria de energía, la tecnología del vehículo y el método de uso y su uso. Éste último, dependerá de las eficiencias de carga y descarga de las baterías con corriente alta, de las eficiencias de los motores y controladores en carga alta y de las mejoras en el diseño de los vehículos, además estos sistemas pueden ser costosos y poco flexibles. El hidrógeno es el combustible más limpio para el transporte pero requiere altas entradas de energía y tiene serios problemas de almacenamiento y costo.

Recientemente se ha incrementado el interés por el desarrollo de vehículos híbridos (combinación de motores de gasolina y sistemas de motores a batería) el cual está dando resultados positivos que podrían tener impactos positivos sobre la reducción de GEI de aproximadamente el 30% de eficiencia, si se hacen usos óptimos de los diferentes sistemas de suministro de energía y se utilizan motores con sistema de conmutación durante los intervalos cortos.

c) Sistemas no Motorizados

Transportes no motorizados (bicicletas, carretas, triciclos, etc.) han sido utilizados tradicionalmente para cubrir las necesidades de los habitantes urbanos pobres y rurales de países en desarrollo. Por sus beneficios ambientales, recientemente la bicicleta esta vista como una opción para cubrir la creciente demanda para recorridos urbanos y si es disponible la infraestructura adecuada como las que se han creado en algunas ciudades europeas. Para muchos países en desarrollo con limitantes económicas, la bicicleta puede ser una opción, si ella puede ser asociada de manera satisfactoria con las necesidades de infraestructura (líneas dedicadas, instalaciones de parqueo, instalaciones intermodales, señalizaciones especiales), cuyas inversiones pueden ser recuperadas en 1 a 4 años con una buena planificación. Por otra parte, el caminar también puede ser parte de una solución para distancias cortas si se asocia a infraestructuras como puentes peatonales, vías peatonales atractivas y convenientes y adecuada señalización.

d) Cambios en la Infraestructura y los Sistemas de Transporte

Los viajes y la elección, y el volumen de cargas y la elección de sistemas modales pueden ser afectados por muchos factores tales como la densidad urbana, la infraestructura de transporte y el diseño de los sistemas de transporte. Las mayores innovaciones en el diseño de infraestructura se refieren a relacionar el transporte urbano con los patrones de uso de la tierra, zonificación, incremento de acceso a los trabajos y tiendas y estrategias amplias e integradas de planificación, las cuales llevan a la reducción de los viajes y la contaminación urbana con posibles beneficios sobre el cambio climático. Sin embargo, el diseño de infraestructura para cubrir las demandas de transporte es dificultoso por las múltiples necesidades de los diferentes modos de transporte y la coordinación entre numerosos actores sociales.

Entre las variantes que se necesitan en Bolivia como parte de la transferencia de tecnología están el manejo del tráfico y las flotas dirigido a reducir la congestión de vías y los flujos intensos de tráfico, el cual está ganando prominencia porque los ahorros de energía pueden alcanzar al 10% en áreas urbanas y se consiguen reducciones de emisiones importantes. También los Sistemas Avanzados de Control de Tráfico, que incluyen sistemas de control bien diseñados y coordinados conducen a mejoras como se ha demostrado en muchas ciudades de países desarrollados y algunos en desarrollo, entre estos sistemas se pueden citar tarjetas de restricción de circulación, pagos por circulación, sensores en las calles, licencias para ciertas áreas, etc.

Los cambios modales de carreteras a transporte ferroviario pueden generar también ahorros de energía del 0 al 50% con sus consiguientes reducciones de GEI y más si la electricidad de los trenes es generada por fuentes no fósiles. Pero estos ahorros varían entre regiones donde las tendencias de moverse de los trenes a las carreteras podrían negar tales beneficios.

Una variante aplicable en Bolivia es incrementar la ocupación de los recorridos a través de la promoción del uso de los sistemas de transporte público masivos, lo cual puede resultar en ahorros sustanciales de energía y reducciones de emisiones de GEI, porque las emisiones por pasajero son bajas especialmente en rutas y paradas bien organizadas. Las

eficiencias de uso de energía en pasajeros por km de tales sistemas pueden ser hasta 4 veces mejores que en autos privados. Las reducciones potenciales de estos sistemas en comparación a los transportes personales pueden ser del 99% en HC, 97% en CO, 85% en NO_x, 46% en SO_x, y 27% en material particulado. Además, los sistemas de transporte público especialmente los sistemas de buses bien coordinados pueden probar ser muy efectivos. Las principales características de estos sistemas son las líneas reservadas, la prioridad de los buses sobre otros vehículos en las intersecciones, jerarquía de frecuencias, rutas interconectadas, sistema sencillo de boletos y paradas de buses con refugios, complementadas con políticas locales continuas, apoyadas por muchos años y favorables al uso del transporte público, un plan urbano compatible a estos sistemas y la implementación de una red integrada de transporte.

Los sistemas urbanos de trenes también han probado ser beneficiosos en la reducción de GEI, pero la experiencia muestra que son caros especialmente para ciudades con menos de 5 millones de habitantes y considerando que el número de líneas también afecta seriamente su viabilidad.

Tabla 1.7. Resumen de las Opciones para la Transferencia de Tecnología – Sector Transporte.

| |
|--|
| <p>Tecnología de los Vehículos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejora en los servicios de mantenimiento y reparación de vehículos. - Fortalecimiento de capacidades humanas nacionales. - Uso de convertidores catalíticos y sistemas de inyección electrónica. Uso de sistemas avanzados de reducción de emisiones. Mejoras en los sistemas de toma de aire y de gases de escape (recirculación de gases). - Adopción de tecnologías avanzadas que los fabricantes ofrecen. - Uso de buses y automóviles eléctricos e híbridos. |
| <p>Tecnologías de Combustibles</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reformulación química de combustibles. - Utilización de combustibles alternativos (GNC y GLP) y combustibles biomásicos (etanol, metanol). Fortalecimiento de capacidades locales. |
| <p>Sistemas no Motorizados</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de infraestructura moderna y adecuada para sistemas no motorizados. |
| <p>Cambios en la Infraestructura y los Sistemas de Transporte</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manejo de tráfico y flotas de vehículos. - Sistemas avanzados de control de tráfico. - Cambios modales de transporte. - Aumento de ocupación de recorridos (km viajado/persona) y promoción de los transportes públicos masivos. Organización óptima de rutas y paradas (líneas reservadas, prioridad en intersecciones, jerarquía de frecuencias, interconexión de rutas, sistemas sencillos de cobro, políticas locales favorables, planes urbanos compatibles). - Sistemas de trenes urbanos. - Fortalecimiento de las capacidades locales. |

Fuente: Elaboración propia.

Transformación y Suministro de Energía

El suministro total de energía primaria en el mundo incluyendo la biomasa no comercial alcanzó a 398 EJ en 1996, de los cuales el 10,9% (43,4 EJ) representaban las fuentes renovables excluyendo la hidroenergía y el consumo total final alcanzó 283 EJ (IEA, 1998), aunque otros autores sugieren que el suministro total de energía primaria debe ser más alto y alcanzar a 435 EJ, debido a que el suministro de biomasa no comercial alcanza probablemente a 80 EJ.

El consumo global anual de energía ha crecido en promedio en un 2% por casi 200 años y los diferentes escenarios futuros muestran crecimientos anuales promedio en el rango del 0,73% al 1,96%. Esta diferencia se debe a suposiciones respecto a las mejoras en la eficiencia del uso de energía, cambios en los hábitos de los usuarios, cambio en el perfil de las fuentes de energía disponibles y la capacidad de desarrollo de las diferentes regiones del mundo, pero de todas maneras se saca una conclusión muy significativa, la cual esta referida a que existen oportunidades para mejorar el nivel de vida de la población mundial con un incremento de las necesidades de energía pero por debajo de las tendencias históricas.

Se proyecta que las emisiones de CO₂ relacionadas al suministro de energía se incrementarán a un ritmo menor que las del consumo de energía, considerando que históricamente la intensidad de estas emisiones, tanto de actividades económicas como energéticas ha estado decreciendo a 1,3% por año desde mediados del siglo IX (1% de la declinación de la intensidad de energía por unidad de valor económico agregado y 0,3% por año debido al reemplazo de combustibles con alto contenido de carbono (carbón) por aquellos con bajo contenido (gas natural) o cero contenido de carbono (biomasa sostenible o energía nuclear). Esta tendencia no ha sido inducida por preocupaciones ambientales, pero si estas adquirirán ímpetu la intensidad de las emisiones de CO₂ deberían declinar a un ritmo mayor. En los escenarios del IPCC-IS92 las emisiones del sector energético se mueven de 2,3 Gt de C/año en 1990 hasta 2,3 – 4,1 Gt de C/año en el 2020 y 1,6 – 6,4 Gt de C/año en el 2050.

El sector de suministro de energía también es responsable por una parte sustancial de las emisiones de CH₄ y de un total de 535 Tg de C equivalentes de las emisiones de este gas por año, 100 Tg de C o aproximadamente el 20% provienen del uso de combustibles fósiles y de esta parte, dos tercios se originan en la industria del petróleo y del gas (pérdidas en ductos y compresores y por quema y venteo) y el restante un tercio en la industria del carbón (pérdidas en minas y combustión incompleta).

De manera general, las emisiones de CO₂ causadas por el sector de suministro de energía pueden ser reducidas con el uso de algunas o todas las opciones que se mencionan a continuación:

- Conversión más eficiente de combustibles fósiles;
- Cambio a combustibles con menor emisión de carbono;
- Decarbonización de gases de chimenea, combustibles, almacenamiento y secuestro de CO₂;
- Cambio a fuentes renovables de energía;

- Cambio a energía nuclear.

La principal cuestión sobre estas opciones de reducción de CO₂ es cuán costo-efectivas son cuando se las compara con otras posibles acciones en otros sectores y que pueden alcanzar las mismas reducciones. Las mayores dificultades de estas opciones son la larga vida en promedio de las plantas de conversión de energía y el ritmo de la transferencia de tecnología, considerando que gran parte del crecimiento del sector energético ocurrirá en los países en desarrollo y que éstos usualmente son los últimos en adoptar las nuevas tecnologías por varias razones. Una evaluación global de una combinación ideal de opciones para alcanzar una reducción de 2,4 Gt de C concluye que la mitad de ellas debería ser realizada a través del incremento de los sumideros de carbono y una fracción de 25% debería ser obtenida a través de mejoras en la conservación de la energía (Jepma y Lee, 1995).

El sector de transformación y suministro de energía en Bolivia es complejo y diverso y en capítulos anteriores se lo describió con profundidad, especialmente en lo referido a los dos grandes subsectores que son el de hidrocarburos y el de generación eléctrica. En este sentido, el sector de generación eléctrica se estima que en 1999 contabilizó 6,04 millones de BEP como insumos de energía para la producción de energía eléctrica la cual alcanzó a 3320 GWh, de los cuales el gas natural fue el más importante con 4,75 millones de BEP (78,64%), seguido por la energía hidroeléctrica con 0,62 (10,26%) millones de BEP, el diesel con 0,48 millones de BEP y el bagazo con 0,19 millones de BEP, mientras que para el 2012 se estima que los insumos alcancen a 13,87 millones de BEP y la producción sea de 11020 GWh, siendo el gas natural el más importante insumo con 9,43 millones de BEP (67,99%), seguido por la energía hidroeléctrica con 3,5 (25,23%) millones de BEP, el diesel con 0,60 millones de BEP y el bagazo con 0,33 millones de BEP.

Se estima que la producción de petróleo en 1999 alcanzó a 12,88 millones de BEP y que en el 2012 alcanzará a 15,88 millones de BEP, mientras que la producción de gas natural en 1999 alcanzó a 34,97 millones de BEP de los cuales 11,84 millones se exportaron, 12,48 se utilizaron para cubrir los requerimientos nacionales y 10,65 millones se quemaron y ventearon, mientras que en el 2012 se producirán 84,03 millones de BEP, de los cuales 59,57 millones se exportaran, 23,68 millones cubrirán los requerimientos nacionales y una pequeña cantidad no será aprovechada.

En las actividades de procesamiento de gas natural se estima que en 1999 se obtuvieron 2,50 millones de BEP de GLP y 1,02 millones de BEP de gasolina natural, mientras en el 2012 se estima que se obtengan 3,62 millones de BEP de GLP y 1,48 millones de BEP de gasolina natural. En los procesos de refinación en 1999 se estima que se produjeron 11,57 millones de BEP de diversos productos, de los cuales 35,80% era la gasolina, 31,49% el diesel oil, 10,52% el jet fuel, 5,43% el GLP, 5,18% el gas combustible y 1,99% el kerosene y el restante porcentaje de varios otros productos. En el 2012 esta producción alcanzará a los 15,14 millones de BEP, entre los cuales 34,63% serán la gasolina, 30,51% el diesel oil, 12,15% el jet fuel, 5,82% el GLP, 5,00% el gas combustible y 2,11% el kerosene y el restante porcentaje de varios otros productos. Los insumos para esto procesos en 1999 alcanzaron a 12,28 millones de BEP siendo el más importante el petróleo crudo con 88,48% seguido por la gasolina natural con 9,53% y en el 2012 alcanzarán a 17,18 millones de BEP siendo el más importante el petróleo crudo con

88,60% seguido por la gasolina natural con 9,54%. En la producción de lubricantes se estima una constante de 0,08 millones de BEP para el periodo 1999 – 2012.

En 1999 se estima que la producción de carbón vegetal alcanzó a 88,48 miles de BEP y que alcanzará a 171,22 miles de BEP en el año 2012, a partir de 244,56 miles de BEP y 473,25 miles de BEP de leña como insumo respectivamente.

Las pérdidas en transmisión y transporte de las diferentes fuentes de energía se estima que en 1999 alcanzó a 304,51 miles de BEP y en el 2012 alcanzará a 474,76 miles de BEP.

Los procesos de transformación y suministro de energía son responsables de una proporción menor de las emisiones de GEI en Bolivia que las actividades de demanda de energía. Entre estos procesos la principal fuente de emisiones es el sector de generación eléctrica con aproximadamente 1779,11 Gg de CO₂ no biogénico y 106,39 Gg de CO₂ biogénico en 1999 mientras en el 2012 estas emisiones alcanzarán a 3378 Gg y 184,12 Gg respectivamente, seguida por la producción de gas natural con 933,22 Gg de CO₂ en 1999 y 248,04 Gg en el 2012, la refinación petrolera con 95,62 Gg de CO₂ en 1999 y 125,11 Gg en el 2012 y la producción de lubricantes con 7,64 Gg de CO₂ en 1999 y 7,43 Gg en el 2012. La fuente más importante de CH₄ es la producción de gas natural con 19,73 Gg en 1999 y 5,24 Gg en el 2012, seguida por la producción petrolera con 5,56 Gg en 1999 y 6,86 Gg en el 2012 y el transporte y distribución de fuentes de energía con 3,41 Gg en 1999 y 5,92 en el 2012. En lo referente a los NO_x la principal fuente es la generación eléctrica con aproximadamente 0,73 Gg en 1999 y 1,89 Gg en el 2012, seguido por la producción de carbón vegetal con 0,21 Gg en 1999 y 0,41 Gg en el 2012.

De los 2815,59 Gg de CO₂ no biogénico que todo el sector de transformación y suministro de energía generó en 1999, 2528,66 Gg provienen de la combustión de gas natural (89,81%) y 254,21 Gg surgen de la combustión de diesel oil (9,03%), mientras en el 2012 se estima que de 3758,59 Gg emitidos, 3399,09 Gg provienen de la combustión de gas natural (90,44%) y 319,11 Gg se originan de la combustión de diesel oil (8,49%)⁵².

Características Tecnológicas y Necesidades para la Transferencia de Tecnología

Debido a que se espera que los combustibles fósiles continúen siendo la más grande fuente de energía en el futuro cercano, la reducción de emisiones de GEI en el sector de transformación y suministro de energía, en un tiempo relativamente corto deben venir de la reducción de emisiones de GEI en la producción y transformación de los combustibles fósiles. Algunas tecnologías que tienen potencial tanto en el corto como largo plazo para reducir económicamente las emisiones de GEI se describen a continuación.

a) Petróleo

El petróleo crudo es refinado para obtener muchos productos, entre los cuales destacan la gasolina, el diesel oil, el jet fuel, el GLP, el fuel oil, el kerosene y los lubricantes. En los

⁵² Las estimaciones y proyecciones están basadas en cálculos propios realizados con ayuda del modelo Long-range Energy Alternatives Planning system – LEAP.

procesos de refinado generalmente el 5 – 10% del petróleo es consumido en las refinerías típicas, por lo cual se considera que existe potencial en algunas refinerías para aumentar su eficiencia y reducir su consumo de energía en los procesos hasta en un 28%. Entre las medidas y tecnologías para mejorar la eficiencia en las refinerías tenemos:

- Diseminación de “buenas prácticas” para mejorar los procedimientos de operación y estrategias para convertir refinerías de baja eficiencia en refinerías de alta eficiencia.
- Uso de las más nuevas tecnologías de eficiencia energética, tales como el decrecimiento catalítico, separaciones por membrana, extracción supercrítica de solventes, separaciones cromatográficas de cama móvil simulada, reformación de nafta de cama móvil, integración de calor, cogeneración y sistemas de control avanzado y en tiempo real.
- El mayor potencial para reducir las emisiones de GEI en el sector de producción de refinados de petróleo está en la mitigación de la liberación de GEI generados como coproductos, los cuales principalmente son el CO₂ y el CH₄.

En Bolivia, dos de las tres refinerías existentes son relativamente modernas con buenos índices de rendimiento y los procesos que se realizan en ellas son la reformación y el platformado y en la tercera cuya eficiencia no es tan alta se utiliza el crudo reformado y preparado proveniente de una de las refinerías. En el año 1989, como parte de las nuevas políticas energéticas en las refinerías nacionales se cambió el catalizador en los sistemas de reformación del R-20 al R-62, de este modo se mejoró el octanaje y el rendimiento del platformado y, por consiguiente, las gasolinas dejaron de utilizar el tetraetilo de plomo.

Por otra parte, a partir de 1991, se han ido optimizando los consumos energéticos en las diferentes unidades de la refinería de Santa Cruz y se ha logrado ahorro de combustibles, lo que ha permitido bajar costos operativos y disminuir de manera importante la emisión de GEI. Estos trabajos, consisten principalmente en actividades sin inversión y están referidos a cambios de trampas de vapor defectuosas, cortes de vapor en equipos donde esta fuente no es indispensable, análisis de consumo energético de equipos en servicio y control de humos en forma periódica mediante análisis cromatográfico de laboratorio. Estas acciones y otras adicionales, sujetas a la transferencia de tecnología, se pueden también realizar en las otras refinerías de Bolivia, lo que permitirá una reducción en las emisiones de GEI que pueden alcanzar a cantidades importantes.

b) Gas Natural

La más importante contribución del gas natural relacionada a la reducción de las emisiones de carbono es la sustitución del carbón por el gas natural en procesos de combustión directa para la industria y la calefacción en áreas urbanas.

De todas maneras, el transporte de gas natural es siempre una fuente potencial de emisiones de CH₄. Existen grandes oportunidades para reducir las emisiones de metano provenientes de esta fuente a través de la promoción de un más amplio uso de las tecnologías y prácticas disponibles para la producción, transmisión, almacenamiento y distribución de gas natural. Las mayores emisiones pueden ocurrir por el uso o la reinyección del gas asociado a la producción del petróleo, antes que el venteo o quema de

este gas. La quema es preferible al venteo, porque aún una quema ineficiente va a convertir la mayoría del metano (usualmente más del 98%) a CO₂ que es un gas con menor potencial de calentamiento global. Aproximadamente, el 5% de la producción mundial de gas natural va al venteo y quema (20% y 80% respectivamente) y una cantidad similar, aproximadamente del 6 al 7% va a la reinyección.

Por lo tanto, si se fortalece el uso de gas natural y se desarrolla la infraestructura necesaria para hacer esto, esto reducirá las emisiones fugitivas provenientes de la producción de gas natural, las cuales se estima que realmente pueden llegar al 50% en las actividades de quema y venteo. De este modo, se sabe que están disponibles las tecnologías para reinyectar el gas natural o quemarlo de manera eficiente cuando sea necesario y para esto las grandes corporaciones petroleras pueden asumir el liderazgo y activamente estimular el uso y la disseminación de estas tecnologías.

Entre las buenas prácticas y nuevas tecnologías para reducir las pérdidas durante el tratamiento y transporte del gas natural se tiene:

- El uso de sellos secos en los compresores centrífugos;
- Inspecciones y mantenimiento detallados en las estaciones de compresión;
- Reducción de la circulación de glicol en los deshidratadores;
- Recuperación de vapor en el almacenamiento de crudo; y
- Reemplazo de los aparatos neumáticos de alta purga por otros con baja o purga nula.

Un importante problema respecto al transporte de gas natural son las pérdidas en los gasoductos, las que pueden ser mitigadas de una manera relativamente simple. Otro problema es el CO₂ que es coproducido con el petróleo y el gas natural, debido a que usualmente el CO₂ es removido con scrubbers de aminas y en vez de liberarlo a la atmósfera podría ser reinyectado, como también el CO₂ excedente extraído del gas natural podría ser inyectado en acuíferos no profundos subterráneos.

Todas las acciones descritas anteriormente pueden ser realizadas en Bolivia tanto para reducir las pérdidas durante el tratamiento y transporte, como para la producción del gas natural considerando, además, que debido a los grandes volúmenes que se exportan y se exportaran a Brasil, las actividades de esta industria aumentarán de manera considerable y las emisiones relacionadas a éstas de manera consiguiente también.

c) Generación de Energía Eléctrica

La generación eléctrica es uno de los mayores sectores emisores de CO₂ individuales, por esta razón presenta varias opciones para reducir las emisiones de GEI:

- Reemplazo de plantas que funcionan con combustibles fósiles por sistemas basados en combustibles no-fósiles con bajas emisiones de GEI. Sobre la base del ciclo de vida de los sistemas renovables y nucleares, se considera que éstos pueden emitir hasta dos órdenes de magnitud menos CO₂, que aquellos sistemas basados en combustibles fósiles (CRIEPI, 1995; Uchiyama, 1996).

- Cambio a combustibles menos intensivos en emisión de carbono, referidos en el caso de nuestro país (que no cuenta con plantas a carbón y cuyo sistema interconectado está basado en gas natural y energía hidroeléctrica) al cambio de combustibles derivados del petróleo hacia el gas natural en los sistemas aislados que usan diesel oil para la generación eléctrica, lo que contribuirá a reducir las emisiones de CO₂. Por otra parte el cambio de combustibles fósiles a la energía nuclear puede, de manera significativa, reducir las emisiones de CO₂⁵³.
- Mejora en la eficiencia de conversión a través del uso de tecnologías avanzadas basadas en combustibles fósiles, tales como los ciclos combinados o la readecuación de plantas ineficientes basadas en combustibles fósiles. De acuerdo a estadísticas globales, el promedio actual de la eficiencia de conversión de energía en plantas está alrededor del 30%, mientras que las más eficientes plantas comerciales con sistemas de ciclo combinado a gas natural pueden alcanzar más del 55% (IEA, 1998a).
- Mejora de la eficiencia térmica a través del uso de la cogeneración para suministrar calor a procesos o calefacción distrital, lo cual dependiendo de las circunstancias, puede incrementar la eficiencia térmica sustancialmente. Los sistemas de acondicionamiento distrital también pueden mejorar la eficiencia térmica global en megaciudades con alta densidad de población y demanda estable.
- Mejora de la eficiencia en las líneas de transmisión a través del incremento del voltaje en barras bus y/o uso de corriente continua. Ésto puede mejorar la eficiencia de transmisión hasta en un 10% en algunas situaciones. También la producción de energía más localizada puede originar menos pérdidas de transmisión y contribuir al desarrollo local y regional.
- Mejora en la eficiencia a través de mantenimiento y modificación de los sistemas existentes. Por ejemplo, la rehabilitación de plantas hidroeléctricas o la recuperación de la capacidad de los reservorios por dragado.
- La captura y secuestro de CO₂ proveniente de las plantas termoeléctricas tiene un potencial para reducir sustancialmente las emisiones de CO₂, pero se requiere mayor investigación y desarrollo en este campo para hacerlas económicamente viables y asegurar que los impactos ambientales sean despreciables.
- La utilización de la tecnología de celdas de combustible cuando es comercialmente viable, la cual permite convertir el hidrógeno en electricidad con mayores eficiencias que la combustión directa. El hidrógeno puede ser producido a partir de combustibles fósiles, fuentes renovables o por electrólisis del agua. También es una efectiva manera de cogenerar calor y electricidad en cantidades relativamente pequeñas.

En Bolivia, la tecnología que se utiliza para la generación termoeléctrica dentro del sistema interconectado, está basado exclusivamente en turbinas de ciclo simple a gas natural, cuyos rendimientos térmicos son muy bajos y oscilan entre el 25% y el 32%. En algunos casos estas turbinas funcionan en plantas base para cubrir la carga base de la curva de demanda (que es similar en todas las ciudades importantes del país) y en otros casos como unidades que ingresan para cubrir los picos de la demanda de acuerdo a las

⁵³ Las emisiones de CO₂ evitadas por la generación nuclear en Japón alcanzaron a 66 Tg de C, lo que equivale al 20% de la emisión total de CO₂ del país en 1995 (FEPC, 1998).

disposiciones del Comité Nacional de Despacho de Carga, que están basadas en eficiencia y menor costo marginal, bajando consiguientemente el rendimiento global de las diferentes unidades por sus bajos factores de carga. En ningún caso se aprovecha el calor de los gases de combustión los cuales pueden tener temperaturas de entre 550 °C y 850 °C y altos niveles de entalpía que podrían servir para alimentar ciclos combinados u otros usos de energía y sólo las más modernas plantas tienen controles de emisiones (por ejemplo cámaras de combustión de bajo NO_x) por diseño de fábrica, mientras las más antiguas han tenido que implementar medidas para la reducción de emisiones en cumplimiento con los reglamentos de la Ley de Medio Ambiente de Bolivia.

Por esta razón, las necesidades de transferencia de tecnología principalmente están referidas al potencial para los ciclos combinados de generación eléctrica y la cogeneración, los cuales son muy apreciables en el país, y gracias a ellas se podrían alcanzar rendimientos térmicos en estos sistemas, que podrían superar el 50% (las plantas más modernas alcanzan el 55%) lo cual significaría importantes reducciones en el consumo de combustibles y consiguientemente en emisiones de CO₂, además se lograría diversificar el uso de la energía que actualmente está ausente en el país y además cubrir necesidades insatisfechas principalmente de energía térmica (por ejemplo calor para calefacción y agua caliente y vapor para usos industriales, hospitalarios, hoteleros, etc.).

Por otra parte, existe un potencial para introducir el uso de las energías renovables en la generación eléctrica en mayor escala dentro del sistema interconectado, para lo cual se requiere de apoyo y transferencia tecnológica, debido a que por la Ley de Electricidad las empresas distribuidoras de energía eléctrica (no integradas verticalmente con la generación) pueden generar con fuentes renovables hasta en un 15% de la demanda de la región donde operan. Además, se debe considerar que existe un potencial geotérmico para la generación eléctrica aún no aprovechado en el país.

Finalmente, se debe mencionar que uno de los campos que también necesita la implementación de los procesos de transferencia de tecnología está referido a la reducción de pérdidas en transmisión y distribución de energía eléctrica, las cuales en el sistema interconectado nacional alcanzan en promedio al 8,5 % (oscilan entre el 6,4% y el 19,9%), pero en sistemas aislados oscilan entre el 11,7% y el 29,9% y en pequeños sistemas aislados alcanzan entre el 20% y el 25%, lo que presenta una oportunidad muy interesante para implementar tecnologías modernas y de esta manera reducir emisiones de CO₂.

d) Biomasa y Energías Renovables en Pequeña Escala

Los recursos renovables de energía pueden suministrar energía en la forma final requerida por los usuarios, emitiendo significativamente menos GEI que los combustibles fósiles. Las emisiones de carbono están presentes en todo el uso de combustibles fósiles, y en especial para el caso de la biomasa, durante los procesos de plantación, cosecha y almacenamiento de estos recursos y su transformación en una forma comercial de energía secundaria.

Las mejoras tecnológicas en la productividad, cosecha y recolección de biomasa, y posterior conversión, pueden reducir emisiones de GEI a través de:

- Incremento de la producción de biomasa en bosques y plantaciones;
- Gasificación de biomasa como un paso intermedio para la generación de electricidad en turbinas de gas o cogeneración u otros conceptos de ciclo combinado de alta eficiencia;
- Conversión de materiales ligno-celulósicos a etanol, para uso como combustible en motores. Esta es una de las pocas posibilidades en el corto plazo para desplazar los combustibles fósiles en el sector de transporte debido a la existencia de infraestructura de distribución.

Respecto a otras tecnologías renovables de pequeña escala, es muy importante considerar las mejoras tecnológicas que se han ido dando de manera histórica. Los generadores eólicos de electricidad y la tecnología fotovoltaica han sido capaces de reducir sus costos para producir electricidad, aunque éstos son todavía relativamente altos, en comparación de la hidroelectricidad en pequeña escala y la generación geotérmica. Estas opciones tienen bajos costos unitarios, pero el costo del potencial de reducción es más dificultoso de identificar, aunque se espera que la retroalimentación técnica y la economía de escala creciente lleven a mayores reducciones en los costos. Las oportunidades para los sistemas eólicos comerciales conectados a la red y sistemas fotovoltaicos de producción de electricidad permitirán a estas tecnologías ser parte de un marco de energía renovable de gran escala, que actualmente principalmente consiste de generación hidroeléctrica y biomásica y en el cual se han ido afianzando opciones como la hidroelectricidad en micro y pequeña escala y la generación geotérmica, como opciones muy interesantes.

En Bolivia, existe un interesante potencial para el aprovechamiento de la biomasa en cogeneración de energía eléctrica, especialmente en la industria azucarera, la cual tiene una capacidad instalada importante que actualmente no se está utilizando de manera comercial (aproximadamente 60 MW) a excepción de alguna industria que de manera esporádica a logrado vender energía eléctrica al sistema interconectado. En estas industrias se necesita apoyo tecnológico para lograr que la disponibilidad de los recursos biomásicos cubran el año entero y que la energía ofertada pueda competir en potencia y calidad con otras fuentes de energía.

En muchas otras industrias de menores dimensiones también se cuentan con residuos biomásicos que podrían ser utilizados para la generación eléctrica, para lo cual se necesita apoyo en transferencia tecnológica especialmente en el diseño de las plantas de acuerdo a los residuos biomásicos aprovechables, su poder calorífico y la disponibilidad temporaria de éstos, la cual con modernas tecnologías de secado y almacenamiento pueden cubrir la demanda de esta fuente para la generación eléctrica. Existe alguna experiencia en este sentido en el país que ha puesto en operación una planta dendroenergética de 1 MW de potencia instalada basada en cáscara de castaña, que es el residuo de esta industria de exportación. Esta experiencia no ha tenido los resultados esperados, por razones externas a la concepción misma de la idea, pero se tiene la seguridad que este modelo puede ser replicado en otras zonas y con otros residuos biomásicos, con la consiguiente mejora tecnológica respecto a las lecciones aprendidas en este emprendimiento.

En lo referente a las tecnologías renovables a pequeña escala, se debe recordar que en el área rural del país sólo un 19% de los hogares cuenta con servicio eléctrico y por esta razón Bolivia ha diseñado una Estrategia de Energía Rural, que identifica los mecanismos

financieros e institucionales que permiten el desarrollo de proyectos de electrificación rural sostenible. En muchos casos la red eléctrica es técnica y económicamente factible, pero existen muchas otras zonas que solo podrán ser electrificadas con sistemas de energías renovables, tales como los eólicos, solares fotovoltaicos y minihidráulicos. Estas zonas no se integrarán a la red eléctrica por lo menos en 15 años, pero el potencial de desarrollo de las mismas muestra que el servicio eléctrico es una necesidad a ser satisfecha.

Una de los pilares de la Estrategia de Energía Rural es la diversificación tecnológica, referida a la integración de las fuentes renovables (en pequeña escala) en la electrificación rural especialmente para la población dispersa. Potencialmente 260000 hogares del área rural podrían ser incorporados al servicio eléctrico en el corto plazo e inicialmente aproximadamente 105000 hogares (que representan el 40% del mercado potencial rural de electricidad) podrían ser beneficiados en un plazo de 5 años. De este total, aproximadamente 25000 hogares pueden ser electrificados con sistemas fotovoltaicos domésticos dado el potencial solar nacional (potencias instaladas entre 50 W y 120 W) y unos 15000 hogares que disponen de potencial hidráulico localmente, pueden ser electrificados con sistemas mini-hidráulicos (potencias instaladas entre 5 kW y 250 kW y en algunos casos hasta 6 MW), mientras que otros 13000 deben definir las alternativas renovables que se deben aplicar para su electrificación. Si bien la energía eólica, también puede ser una solución para la electrificación rural de los hogares rurales dispersos, el poco conocimiento del potencial eólico en las diferentes regiones del país no permite que se adopte de momento esta solución, por lo que se necesita apoyo tecnológico para explorar e implementar este tipo de soluciones, cuyo conocimiento práctico ya se está aplicando de manera comercial en varias regiones del mundo tanto en sistemas aislados como en sistemas interconectados.

Este tipo de transferencia tecnológica también se debe aplicar a otros tipos de fuentes renovables (solares fotovoltaicas, sistemas híbridos eólicos-solares-diesel y minihidráulicos), para obtener de esta manera el mejor conocimiento práctico disponible en el ámbito internacional, disminuir los costos de los equipos e instalaciones y buscar soluciones más integrales de desarrollo y electrificación para comunidades aisladas del país (mayores potencias instaladas para cubrir no sólo demandas residenciales, sino industriales menores).

Tabla 1.8. Resumen de las Opciones para la Transferencia de Tecnología – Sector Transformación y Suministro de Energía.

| |
|---|
| <p>Petróleo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseminación de buenas prácticas para mejorar los procedimientos de operación y estrategias para mejorar la eficiencia en refinerías (cambios de trampas de vapor defectuosas, cortes de vapor en equipos donde esta fuente no es indispensable, análisis de consumo energético de equipos en servicio y control de humos en forma periódica mediante análisis cromatográfico). - Decrecimiento catalítico, separaciones por membrana, extracción supercrítica de solventes, separaciones cromatográficas de cama móvil simulada, reformación de nafta de cama móvil, integración de calor, cogeneración y sistemas de control avanzado y en tiempo real. - Mitigación de la liberación de GEI generados como coproductos (CO₂ y CH₄). |
|---|

| |
|--|
| <p>Gas Natural</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducción de buenas prácticas y nuevas tecnologías para reducir las pérdidas durante el tratamiento y transporte del gas natural (uso de sellos secos en los compresores centrífugos, inspecciones y mantenimiento detallados en las estaciones de compresión, reducción de la circulación de glicol en los deshidratadores, recuperación de vapor en el almacenamiento de crudo, reemplazo de los aparatos neumáticos de alta purga por otros con baja o nula purga). - Mitigación de pérdidas en transporte. - Reinyección del CO₂ removido con scrubbers de aminas. Inyección del CO₂ excedente extraído del gas natural en acuíferos no profundos subterráneos. |
| <p>Generación de Energía Eléctrica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ciclos combinados de generación eléctrica. - Cogeneración de energía eléctrica y térmica. - Uso de energías renovables no tradicionales en gran escala (sistema interconectado nacional). Energía geotérmica. - Reducción de pérdidas en transmisión y distribución de energía eléctrica. - Fortalecimiento de capacidades nacionales. |
| <p>Biomasa y Energías Renovables en Pequeña Escala</p> <ul style="list-style-type: none"> - Generación y cogeneración de energía eléctrica con biomasa. - Uso de tecnologías renovables modernas para la electrificación rural (eólica, solar fotovoltaica, minihidráulica y sistemas híbridos). |

Fuente: Elaboración propia.

1.1.5 Barreras y Vacíos para la Transferencia de Tecnología en el Sector Energético

Existen muchas barreras que han dificultado la amplia difusión de tecnologías ambientalmente sanas a través de vías accesibles a los países en desarrollo y de transacciones comerciales. Estas barreras surgen en cada etapa de los procesos de transferencia tecnológica para la mitigación y la adaptación al cambio climático y varían de acuerdo a los contextos específicos de cada país, manifestándose de manera diferente entre los diferentes sectores y subsectores.

De manera general, los gobiernos pueden promover la transferencia tecnológica a través de la reducción de las barreras que están asociadas con cada uno de estos elementos, además de promover ambientes favorables para esta transferencia. La identificación, análisis, y priorización de las barreras deben estar basados en las experiencias de cada país y es importante diseñar las acciones para enfrentar barreras específicas, intereses e influencias de los diversos actores sociales para poder desarrollar herramientas políticas efectivas. Las principales barreras identificadas en el sector energético de manera general están referidas a:

- Falta de un análisis completo de los costos reflejados en los precios, que internalice los costos sociales y ambientales;
- Condiciones macroeconómicas deficientes, incluyendo un sector financiero subdesarrollado, altas tasas de importación, alta inflación o tasas de interés e

incertidumbre sobre éstas, incertidumbre en la estabilidad de las políticas tarifarias e impositivas, alto riesgo a la inversión;

- Baja participación del sector privado, debido a la falta de acceso a capitales, en particular el inadecuado fortalecimiento financiero para firmas pequeñas;
- Falta de instituciones o sistemas financieros para asegurar las inversiones iniciales para la utilización y el uso extendido de las tecnologías transferidas;
- Precios convencionales de la energía bajos y muchas veces subsidiados que resultan en incentivos negativos para adoptar medidas de ahorro energético y tecnologías de fuentes renovables.
- Falta de mercados para las tecnologías ambientalmente sanas, debido a la falta de confianza en la viabilidad económica, comercial o técnica, falta de empresas fabricantes, falta de información a los consumidores y aceptación de las tecnologías;
- Falta de instituciones y marcos legales de apoyo, incluyendo códigos y normas para la evaluación e implementación de nuevas tecnologías;
- Falta de entendimiento del rol de los países desarrollados y en desarrollo y de las instituciones internacionales en las fallas y éxitos de la pasada cooperación tecnológica;
- Falta general de apoyo a sistemas internacionales bancarios y de comercio abiertos y transparentes;
- Corrupción institucional en países desarrollados y en desarrollo;
- Resistencia para identificar y hacer disponibles las tecnologías que son de dominio público;
- Capacidades humanas e institucionales insuficientes;
- Visión y entendimiento inadecuados de las necesidades y demandas locales;
- Falta de capacidad para evaluar, seleccionar, importar, desarrollar y adaptar las tecnologías más apropiadas;
- Falta de información, datos, conocimiento y conciencia de la importancia, especialmente para las tecnologías “emergentes”;
- Falta de confianza en tecnologías no comprobadas;
- Miedo al riesgo y prácticas comerciales que favorezcan los proyectos grandes en instituciones financieras;
- Falta de conocimiento científico, técnico y de ingeniería disponible para la industria privada;
- Investigación y desarrollo insuficientes debido a la falta de inversiones en este campo e inadecuada infraestructura científica y educacional;
- Recursos inadecuados para la implementación de proyectos;
- Altos costos de transacción;

- Falta de acceso a información creíble y relevante sobre socios potenciales para la formación de relaciones efectivas que puedan mejorar y fortalecer la difusión de las tecnologías adecuadas.

En los sectores residencial, comercial e institucional existen algunas barreras particulares que impiden la amplia difusión de tecnologías eficientes, las cuales se refieren a:

- Falta de información sobre tecnologías nuevas y ausencia de programas gubernamentales de educación e información y de una infraestructura permanente de consultoría, lo que induce a no poder evaluar el impacto de decisiones propias y como pueden ser mejoradas respecto a prácticas ambientalmente sanas y de eficiencia energética;
- Altos costos iniciales, presencia de subsidios para la electricidad y otros combustibles, la ausencia de servicios de entrega y mantenimiento de equipos, diversidad en códigos y normas de equipos o su ausencia, métodos muy diferentes para examinar los rendimientos, restricciones en materiales de construcción y poco o ausencia de reciclado, altos riesgos en países con experiencia limitada en inversiones de eficiencia energética;
- Desde el punto de las acciones gubernamentales, existen barreras generadas por la ausencia de precios de la energía basados en los costos, de etiquetados ambientales y energéticos, de códigos energéticos de construcción, de estándares de eficiencia para equipos y aparatos, falta de ejemplos conducentes en edificios gubernamentales y en adquisiciones relacionadas y acciones que remuevan cualquier barrera artificial comercial, regulatoria, impositiva o a los negocios. Además existe ausencia de guías de buenas prácticas, así como la incorporación de estos temas en las currículas escolares y campañas de educación pública, acciones que deben estar acompañadas por apoyo público gubernamental a la investigación y desarrollo para la adopción de nuevas tecnologías y la participación de todos los actores involucrados (desde consumidores hasta investigadores);
- Existen barreras de comportamiento y culturales, como la limitada habilidad de las personas para minimizar costos en el ciclo de vida de la tecnología (debido a la complejidad de este concepto) y la baja prioridad dada al uso de energía, la cual permanece con una relativa pequeña fracción de los costos totales familiares. Otra barrera está referida al corto horizonte de tiempo de los consumidores, aunque sea de interés de la sociedad el aceptar largos periodos de retorno en medidas de eficiencia energética o de fuentes renovables;
- En mayor o menor medida la pobreza es una barrera debido a que las familias o consumidores pobres generalmente se ven forzados a comprar los productos más baratos disponibles, aún cuando esto signifique en el largo plazo más altos costos energéticos, ambientales y sociales;
- Históricamente las empresas eléctricas han tenido un desincentivo para la eficiencia energética lo que constituye una barrera para la introducción de nuevas tecnologías, ya que sus utilidades están basadas en el volumen de sus ventas y aún en un clima regulado, sus ventas y ganancias declinan si se toman medidas de eficiencia, lo que requiere la adecuación de los programas regulatorios para que las medidas de

eficiencia energética les permitan obtener ganancias por estos servicios, conocidos tradicionalmente como modelos de Manejo de la Demanda (Demand-side Management - DSM).

Bajo condiciones perfectas de mercado, todas las necesidades adicionales de servicios energéticos son provistas por las medidas de menor costo, sea que se incrementa el suministro o disminuye la demanda de energía. En este sentido, existe considerable evidencia de que inversiones sustanciales en eficiencia energética que son menores en costo que el suministro marginal de energía, en mercados reales no se realizan, lo que sugiere que existen barreras de mercado al margen de otros tipos de barreras. Considerando lo anterior, las barreras particulares que afectan a la transferencia de tecnología en el sector industrial se refieren a:

- Los procesos de decisión en las compañías están en función de sus reglas de procedimiento, clima de negocios, cultura corporativa, personalidades de los directivos y percepción de su eficiencia energética, lo que induce a pensar que en muchos casos la conciencia energética como un medio de reducir los costos de producción no tiene alta prioridad, aun cuando existe un número considerable de excelentes ejemplos en la industria alrededor de todo el mundo;
- Las medidas de eficiencia energética generalmente no son tomadas por falta de información, por falta de confianza en la información, o por los altos costos de transacción para obtener información confiable. Además, la recolección de información y su procesamiento consume tiempo y recursos, lo que se hace especialmente difícil para pequeñas compañías (característica de nuestro país) y la capacidad pública para la disseminación de información en muchos casos es muy débil o inexistente, lo que constituye una de las mayores barreras para la transferencia de tecnología. El problema de la información, no sólo afecta a los consumidores de equipos para uso final, sino también a los productores, que en muchos casos tienen un limitado conocimiento sobre las vías para hacer sus productos más eficientes o tienen poco acceso a la tecnología para producir equipos mejorados;
- Otro problema que afecta a los productores de equipos es el enfoque de expansión de mercado y producción, el cual puede ser más efectivo que las mejoras en eficiencia para generar mayores beneficios, que se acompaña por la falta de herramientas de gerenciamiento, técnicas y procedimientos adecuados para contabilizar los beneficios económicos de las mejoras en eficiencia;
- La limitada disponibilidad de capitales lleva a altas tasas-obstáculos para las inversiones en eficiencia energética, por que el capital es usado para cubrir prioridades de inversión más aún para las micro, pequeñas y medianas empresas. La racionalización de capitales como un medio de distribución de las inversiones dentro de las empresas, lleva a mayores tasas-obstáculos, especialmente para pequeños proyectos con tasa de retorno de entre el 35% y el 60%, que son mucho más altas que el costo del capital (~15%, pudiendo alcanzar al 40% en algunos países). Además, cuando los precios de la energía no reflejan los verdaderos costos de la energía (sin subsidios o externalidades) entonces los consumidores necesariamente invertirán mucho menos en eficiencia energética. Otro problema serio de la falta de capitales, es aquel que lleva a la práctica común en países en desarrollo el adquirir equipos de

segunda mano y con tecnología obsoleta, la que posteriormente no es compatible con nuevas tecnologías o mejoras tecnológicas;

- Las fluctuaciones en los precios de la energía y su incertidumbre, básicamente en el corto plazo, son una barrera importante. Por lo general, estas fluctuaciones generalmente llevan a percibir altos riesgos y a más estrictos criterios para la inversión y más altas tasas-obstáculos;
- La falta de personal capacitado en micro, pequeñas y medianas empresas, denota dificultades en la instalación y operación de equipos nuevos más eficientes en comparación a la simplicidad de comprar energía;
- Otras importantes barreras incluyen la “invisibilidad” de las medidas de eficiencia energética y la dificultad de demostrar y cuantificar sus impactos, la falta de inclusión de los costos externos de producción y uso de energía en el precio de la energía y la lenta difusión de las tecnologías innovadoras dentro de los mercados;
- Las regulaciones, en algunos casos de manera indirecta pueden ser una barrera para la implementación de prácticas de baja emisión de GEI. Un ejemplo es la cogeneración industrial, la que puede ser impedida por la falta de políticas claras para la compra de exceso de energía, regulación para la energía y potencia disponibles y el tránsito de energía a otros usuarios;
- La falta de protección de los derechos de propiedad intelectual puede existir, representando una barrera para la confianza de los proveedores de tecnologías, y para los procesos de obtención de licencias que pueden consumir mucho tiempo y significar costos de transacción altos.

El sector transporte tiene algunas barreras particulares que impiden la transferencia de tecnología. Estas barreras en el caso de Bolivia, pueden ser categorizadas en tecnológicas, financieras, institucionales, de información y socioculturales, entre las cuales podemos citar:

- La falta de compañías locales idóneas con las capacidades técnicas y competencia requeridas para suministrar los componentes tecnológicos y servicios indicados y con la capacidad de manufactura de componentes para los requerimientos detallados y precisos de grandes firmas. En el caso de que estas capacidades, el número de estas compañías es limitado e insuficiente como para enfrentar una competencia transparente que mejore la calidad de los resultados;
- Una de las barreras más importantes y que afecta en el país a la difusión de nuevas tecnologías en este sector es la falta de información general, técnica y comercial sobre estas posibilidades incluyendo sus beneficios, ventajas y debilidades, la cual lleva a muy débiles relaciones entre los diferentes actores sociales en el ámbito local y nacional dentro del país, que se beneficiarían o estarían involucrados en la adopción de estas tecnologías. En este sentido, la falta de una red organizada de información local con los datos locales necesarios y nexos con redes externas no permite los flujos tecnológicos efectivos que permitan fortalecer la adopción de nuevas tecnologías;
- Otra barrera muy importante, es la dificultad de las compañías locales para acceder a capitales para desarrollar o fortalecer capacidades técnicas y otras capacidades necesarias para la adopción e implementación de nuevas tecnologías y la dificultad de

acceder a créditos relativamente pequeños por parte de los operadores de servicios de transporte, especialmente si las instituciones financieras locales no perciben tales necesidades como prioridades nacionales o locales y mucho menos la importancia global de tales acciones;

- Una barrera decisiva en los procesos de adopción de nuevas tecnologías en este sector es la falta de voluntad política entre las diferentes autoridades gubernamentales para fortalecer los procesos de transferencia de tecnología;
- Otra barrera, igualmente decisiva en el sector de transporte que requiere énfasis, es la falta de un ambiente favorable para los negocios entre los proveedores de tecnología comúnmente de países desarrollados y los recipientes de tecnología en países en desarrollo. Esta barrera es particularmente notoria en nuestro país, donde existen bajos ingresos y ausencia crónica de capitales debido a la debilidad de un efectivo ambiente de negocios que atraiga al sector privado, el cual está incrementando su rol en los flujos de tecnologías de transporte e infraestructura;
- La falta de instituciones sólidas de cumplimiento y arbitraje o regulación puede ser un obstáculo serio para la participación privada en esta clase de actividades.

El sector de suministro y transformación de energía tiene algunas barreras particulares para la transferencia de tecnología, las cuales están referidas a:

- La falta de incentivos de las grandes empresas eléctricas para adoptar tecnologías más eficientes, debido a que ellas venden la electricidad a través de un proceso regulado que permite a la empresa recuperar todos los costos de operación, incluyendo impuestos y un buen retorno por sus inversiones, al que se suman los bajos costos del combustible para generación eléctrica (gas natural en el sistema interconectado y diesel subvencionado en los sistemas aislados);
- La falta de recursos humanos calificados e inversiones en formación de capacidades, ocasiona que el servicio eléctrico sea de menor calidad que en los países desarrollados, siendo que la recolección de información no es una prioridad y que las nuevas tecnologías, que pueden ser menos costosas y ambientalmente más adecuadas, todavía no son tomadas en cuenta;
- Aunque se han revisado las políticas comerciales para liberalizar los mercados, todavía existen barreras tarifarias sustanciales para las importaciones de tecnologías extranjeras, incluyendo el equipo para suministro de energía. Ésto limita la presión de los competidores extranjeros sobre los proveedores locales para las mejoras en eficiencia energética y evita una introducción temprana de innovaciones en energía sostenible desde el extranjero;
- La interferencia política y la corrupción causada por poderosos grupos que prefieren la instalación de capacidades de generación basadas en tecnologías convencionales;
- Las dificultades institucionales y administrativas para desarrollar los procesos y contratos de transferencia de tecnología que pueden ser necesarios para establecer a compañías extranjeras, como potenciales socios en diversos emprendimientos tecnológicos. En este sentido, existe una necesidad para mayor cooperación internacional entre países en desarrollo, tanto para el trabajo de investigación y

desarrollo y para el establecimiento de redes comerciales y de contratos internacionales;

- El deficiente acceso a la información es también una barrera, debido a que la información y la tecnología deseadas están disponibles, pero el inconveniente radica en tener un verdadero acceso a ellas, lo que implica que los países en desarrollo fortalezcan sus relaciones y nexos con el resto del mundo haciendo inversiones en la infraestructura necesaria para recibir y transferir la información;
- Un requerimiento muy importante para los acuerdos exitosos sobre transferencia de tecnología es la garantía de los derechos de propiedad intelectual. En el sector energético existe un mecanismo muy bien desarrollado para compartir estos derechos y se refiere a los contratos compartidos y de producción, por los cuales firmas privadas realizan contratos con partes locales, para compartir la tecnología con ellos y obtener una parte de retorno por los productos producidos. Esta práctica ha probado ser muy exitosa en los sectores petroleros y gasíferos internacionales y puede ser un buen modelo a seguir para otras áreas de suministro de energía;
- Las necesidades y prioridades de los países en desarrollo son muy diferentes a las de los países desarrollados, lo que se constituye en una complicada barrera de entendimiento que sólo procesos internacionales como los de la CMNUCC podrán ayudar a superar;
- La falta de un marco consistente y amplio para la evaluación de los costos de la energía provenientes de diferentes fuentes es una seria barrera para la transferencia de tecnología. Esta evaluación debe incluir un análisis completo del ciclo energético, por ejemplo en el caso de la biomasa se deben considerar la cantidad de tierra necesaria, el costo de recolección y la competencia con la actividad agrícola para producir alimentos.
- Las incertidumbres de los sistemas económicos desalientan las inversiones a largo plazo, incluyendo la energía sostenible. Muchas instituciones internacionales y multilaterales se oponen al riesgo tecnológico y los gobiernos se resisten a invertir en proyectos de alta tecnología que signifiquen altos costos capitales;
- Otra preocupación es la falta de suministro continuo proveniente de algunas fuentes renovables (bagazo para cogeneración en ingenios azucareros). Esta intermitencia puede requerir otra fuente de energía en un sistema híbrido o mecanismos de almacenamiento para garantizar la continuidad del suministro, lo que aumenta los costos o limita la máxima participación de las fuentes renovables en sistemas eléctricos integrados;
- Los incentivos económicos para los donadores son débiles cuando la demanda de energía es escasa y dispersa. Esta barrera puede ser minimizada por los valores adicionales potenciales ganados a través de esquemas MDL.

Vías para Superar las Barreras y Vacíos Técnicos para la Transferencia de Tecnología

El desafío de una transferencia tecnológica exitosa debe ser vista en el contexto del desarrollo sostenible que no necesita restringir el crecimiento, sino estimular el desarrollo de una economía industrial muy pujante, proceso en el cual la transferencia de tecnología probablemente juegue uno de los más importantes roles.

Para fortalecer la sostenibilidad de los procesos de desarrollo, las acciones gubernamentales pueden transformar las condiciones bajo las cuales se realiza la transferencia de tecnología. La amplitud de tecnologías ambientalmente sanas que pueden ser difundidas a través de transacciones comerciales puede estar muy limitada por las barreras anteriormente mencionadas. Los gobiernos pueden jugar roles muy importantes facilitando la transferencia privada de tecnologías a través del apoyo al comercio e inversiones del sector privado. Los programas de formación de capacidades y ambientes favorables que reduzcan los riesgos y restricciones asociados a la transferencia de tecnologías incrementarán el flujo de éstas a niveles cercanos a los márgenes comerciales y permitirá a los mercados trabajar a través de canales abiertos. Para las tecnologías que todavía no se han difundido comercialmente, es muy importante buscar un comportamiento de mercado mejorado a través de la adopción de políticas que reduzcan los costos y estimulen la demanda con el objetivo de alcanzar beneficios sociales y ambientales que no se pueden producir solo por los emprendimientos privados.

Es importante diseñar las acciones a llevarse a cabo de acuerdo a las barreras específicas, intereses e influencias de los diferentes actores sociales, con el objetivo de desarrollar herramientas políticas efectivas y lograr que sean consideradas en el contexto del desarrollo sostenible. Las tres dimensiones necesarias para desarrollar procesos efectivos de transferencia de tecnología son la formación de capacidades, ambientes favorables y mecanismos simples para la transferencia de tecnología. Estas dimensiones conllevan una serie de acciones que se pueden agrupar en: a) redes de información y centros de disseminación de la información más capacitación y asesoramiento; b) políticas gubernamentales que creen condiciones favorables para la transferencia de tecnologías en el sector público y el privado; c) soporte institucional y capacitación para la evaluación, el desarrollo y la administración de nuevas tecnologías; d) redes de colaboración en investigación de tecnologías y centros de demostración; e) programas internacionales para la cooperación y asistencia en investigación y desarrollo y formación de capacidades; f) capacidades de evaluación de tecnología entre organizaciones internacionales; y g) arreglos de colaboración a largo plazo entre el sector privado para inversión extranjera directa y contratos de riesgo compartido.

Las principales políticas gubernamentales y acciones necesarias para superar las barreras anteriormente planteadas se describen a continuación:

- *Sistemas nacionales de innovación e infraestructura tecnológica.* Referidos a la formación de capacidades para la innovación en firmas; desarrollo de instituciones educacionales científicas y técnicas; facilitación de innovación tecnológica a través de la modificación de la forma o la operación de las redes tecnológicas, incluyendo financiamiento, mercadeo, organización, capacitación y relaciones entre los clientes y los proveedores.

- *Infraestructura social y reconocimiento a través de procesos participativos.* Referidos al incremento de la capacidad de las organizaciones sociales y ONGs para facilitar la selección apropiada de tecnología; creación de nuevas organizaciones sociales y ONGs orientadas al sector privado con habilidades técnicas para apoyar la réplica de transferencias tecnológicas; creación de mecanismos y adopción de procesos para aprovechar las redes, habilidades y conocimiento de los movimientos no gubernamentales.
- *Capacidades humanas e institucionales.* Referidas a la formación de capacidades de firmas, ONGs, organismos regulatorios, instituciones financieras y consumidores de tecnología.
- *Marcos de política macroeconómica.* Referidos a suministrar soporte financiero directo a través de créditos, subsidios, provisión de equipos o servicios, préstamos y garantías a préstamos; suministrar soporte financiero indirecto a través de créditos impositivos a las inversiones; definición de tarifas de energía que cubran todos los costos económicos; cambiar las políticas de comercio e inversión extranjera, tales como los acuerdos comerciales, las tarifas, regulación de divisas y de contratos de riesgo compartido; cambiar las regulaciones del sector financiero.
- *Mercados sostenibles para las nuevas tecnologías.* Referidos a realizar programas de transformación de la conducta de los mercados enfocados al suministro y demanda de tecnología; desarrollo de capacidades para la adaptación de tecnología en las micro, pequeñas y medianas empresas; conducir campañas de educación a los consumidores y difusión; compras y demostración dirigidas en el sector público.
- *Marco legal nacional.* Referido a fortalecer el marco legal nacional para la protección de la propiedad intelectual; fortalecer los procesos administrativos y legales para asegurar la transparencia, la participación en el diseño de políticas regulatorias y revisiones independientes; fortalecer las instituciones legales para reducir riesgos.
- *Códigos, estándares y certificación.* Referidos a desarrollar códigos y estándares y el marco institucional para ponerlos en vigor; desarrollar los procedimientos de certificación e instituciones, incluyendo las instalaciones para exámenes y medidas.
- *Consideraciones de equidad.* Referidas a crear herramientas analíticas y suministrar capacitación para evaluaciones de impactos sociales los cuales deben requerirse antes de la adopción de las tecnologías; creación de mecanismos de compensación.
- *Derechos sobre los recursos productivos.* Referidos a investigar los impactos de la tecnología sobre los derechos de propiedad, examinándolos a través de procesos participativos y creando mecanismos de compensación.
- *Investigación y desarrollo tecnológico.* Referidos al desarrollo de infraestructura científica y educativa a través de la construcción de laboratorios de investigación públicos, el suministro de donaciones para la investigación y el fortalecimiento del sistema educativo técnico; inversiones directas en investigación y desarrollo.
- *Financiamiento e inversión públicos.* Referidos a suministrar financiamiento directo, asistencia oficial al desarrollo y desarrollar el financiamiento multilateral bancario.

- *Financiamiento e inversión privados.* Referidos al apoyo a los mecanismos financieros privados, a través de varias herramientas tales como el microcrédito, capital de riesgo, financiamiento de proyectos y otras iniciativas; reducción de los riesgos percibidos a través de políticas consistentes y marcos regulatorios transparentes.
- *Inversiones de firmas privadas.* Referidas a la creación de incentivos para que las firmas hagan inversiones en tecnología ambientalmente sana, tales como impuestos a la energía, créditos impositivos a la inversión, financiamiento al comercio, garantías y cargos a las emisiones; atraer a las firmas a asociaciones público – privadas, especialmente para vencer desincentivos de dirección empresarial.
- *Asociaciones público-privadas.* Referidas a desarrollar acuerdos voluntarios con el sector privado; desarrollar programas de asociación técnica; conducir iniciativas informativas; promover nuevas iniciativas financieras.
- *Intermediarios tecnológicos.* Crear redes de información, centros de consulta, bibliotecas especializadas, bases de datos y servicios de relacionamiento; crear y apoyar a los intermediarios tecnológicos, así como a las compañías de servicios energéticos e instituciones de nivel nacional.

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES DE TECNOLOGÍA EN CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL SECTOR INDUSTRIAL

La actividad industrial es sin duda un factor que afecta al medio ambiente de las ciudades en Bolivia. El hecho de que se trate de una actividad de procesos de transformación de materias primas que implica la generación de gases, hace pensar que muchos efectos perjudiciales están en progreso y que se vienen manifestando provocando daños inesperados.

Los diagnósticos que se han llevado a cabo en el ámbito nacional establecen la presencia de **problemas estructurales** que se han acumulado a lo largo del tiempo y que ahora se constituyen en limitantes para su desarrollo, entre los que resaltan:

- ◆ Una industria fuertemente consumidora de divisas por su **alto grado de dependencia** de insumos, maquinaria y tecnología importada.
- ◆ Débil **articulación inter e intrasectorial** resultante de la desarticulación social e institucional del país, que determina un relacionamiento poco sólido con los otros sectores⁵⁴, implicando que los esfuerzos de desarrollo de esos sectores tengan escasa resonancia en la actividad manufacturera.
- ◆ **Alta concentración geográfica** en las ciudades del eje central del país que resta armonía al desarrollo nacional.

Los cambios estructurales evidenciados en el comportamiento del mercado internacional y el acelerado desarrollo tecnológico, determinan que las economías de las naciones como la nuestra tengan que reestructurarse en base a **políticas cada vez más activas** y caracterizadas por su sensibilidad, estabilidad y compatibilidad sistemáticas, con capacidad de reacción ante dichos cambios para lograr el desarrollo productivo nacional, en procura del progreso socioeconómico y mejoramiento de las condiciones de vida del país.

1. Evolución de la Industria Boliviana

La evolución del sector industrial ha dado como resultado una estructura industrial heterogénea donde se combinan diferentes tamaños empresariales con distintas identidades sociológicas, en un marco de dispersión geográfica de los establecimientos, que marcan variadas concentraciones entre las capitales de departamentos y ciudades secundarias medianas y pequeñas.

El segmento formal de la industria está constituido por empresas grandes, medianas y pequeñas, a las que se agregan los establecimientos micro empresarial. Las grandes y medianas industrias son las que manifiestan las tendencias más visibles de impacto frente a la necesidad apremiante de reconvertir sus esquemas empresariales hacia la competitividad. Precisamente, las más organizadas y las que han adquirido la práctica de

⁵⁴ Sectores forestal, agropecuario, minería, comercio, transporte.

metodologías modernas de administración, financiamiento y gestión de innovación productiva -comercial, han acomodado sus estructuras a los cambios suscitados, logrando un mercado interno consolidado, capaz de competir con el incesante comercio de importaciones.

Durante el periodo 1999-2000, el sector industria contribuyó al PIB de la economía en alrededor del 17%, cuya capacidad de utilización se mantiene en niveles insuficientes del orden del 59%, lo que incide en la obtención de bajos índices de productividad. El 14% de las ventas del sector industrial están destinados al mercado externo, lo que representa más o menos el 30% de las exportaciones; los productos de exportación más importantes fueron los derivados de la agroindustria aceitera de oleaginosas, las manufacturas de madera y cuero, estaño y oro, joyería, alimentos y textiles. Las ramas agroindustriales que aportan con el 45% del valor agregado sectorial, muestran un importante encadenamiento con la agricultura, en tanto que en las otras ramas sus interrelacionamientos son menores. De la producción que genera este sector, el 83% está compuesta por bienes no duraderos, el 14% por bienes intermedios o materias primas y el resto por bienes de capital.

Prospectivamente, se piensa que el sector industrial buscará incrementar la participación relativa de las actividades de transformación dentro del PIB, posibilitando la expansión de las industrias intensivas en tecnología sin descuidar los encadenamientos verticales y horizontales entre las unidades industriales, los sectores extractivos y los servicios. Con la incorporación de cambios tecnológicos se buscará un mayor grado de industrialización, sin embargo, como se requiere de un proceso de maduración, se estima que las tasas de crecimiento no se modificarán substancialmente durante la próxima década, aunque se pueden presentar cambios ligeros a nivel intrasectorial.

2. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LA INDUSTRIA

La industria Boliviana ha demostrado a lo largo de los últimos años tener una capacidad de adaptación y flexibilidad, toda vez que ha sido sometida a la dura prueba de la exposición a la competencia internacional a través de las importaciones y el contrabando, sin contar con elementos sistemáticos de apoyo que le permitan competir en condiciones de igualdad relativa, sin embargo, ha sido capaz de insertarse competitivamente en el mercado nacional como internacional, aunque esto no sea válido para toda la industria nacional. La presencia de microempresas y pequeñas industrias en ciudades medianas y pequeñas es destacable pues constituyen un importante factor de dinámica económica, sobre todo por la creación de empleos por su bajo requerimiento de inversión por unidad de empleo entre otros, así como la mano de obra especializada representa un factor favorable dentro el proceso competitivo.

Debilidades de la Industria

Entre las principales se encuentra la lenta evolución productiva (bajo grado de desarrollo empresarial) reflejada en la limitada gravitación en el aporte al PIB nacional, cuya

estructura de participación muestra un nivel estacionario de alrededor del 14%, representando un bajo grado de industrialización de la economía Boliviana. Otro indicador que se puede mencionar es la baja utilización de la capacidad instalada, debido por una parte a la estrechez del mercado pero, por el otro, a mecanismos de selección tecnológica inadecuados; donde también es necesario mencionar que la poca práctica de utilización de normas y estándares de producción tiene su implicancia, expresándose en el bajo nivel de conexión entre la industria y en el sector científico-tecnológico. Finalmente, otro aspecto que refleja la debilidad de la industria es su bajo nivel de integración intrasectorial

Un balance entre las fortalezas y las debilidades de la industria muestra un saldo ciertamente desfavorable que hace pensar en la amenaza que las restricciones y cuellos de botella puedan impedir que el sector manufacturero ocupe los nuevos espacios de mercado nacional e internacional y, que a su vez, los esfuerzos de inversión pública y privada que tienen el potencial de inyectar una importante dinámica a la industria, se pierdan. Por ello, es imprescindible que se lleve a cabo una transformación tecnológica tomando en cuenta los diferentes tipos y niveles de tecnología así como la oportunidad de ampliación del mercado interno y la apertura de nuevos accesos al mercado externo, mediante acciones que faciliten el posicionamiento de la industria nacional en dichos espacios, estableciendo una normativa ordenadora del mercado (competencia desleal) y una diversificación industrial a partir de innovaciones tecnológicas internas y externas.

Desempeño del Estado

El rol del estado es el de la concertación social, de esta manera su papel va más allá de la formulación de una política industrial y debe constituirse en el dinamizador para mejorar el entorno de desenvolvimiento de los actores (empresariado-comunidad), orientando su acción a asegurar la provisión de servicios públicos e infraestructura de apoyo al sector, racionalizando el rol regulador a través de la eliminación de la burocracia, modernizando y fortaleciendo las reparticiones públicas y descentralizadas relacionadas directamente con la industria, como también ejerciendo un permanente monitoreo del marco normativo.

Políticas industriales

Esta sección está basada principalmente en el Plan Nacional de Competitividad y Desarrollo Industrial⁵⁵, en la que se establece cinco ámbitos de políticas con estrategias básicas de implementación específicas, que adecuadamente interrelacionadas permitirán un sostenido incremento de la productividad industrial, esto como el instrumento central a partir del cual se generará un impacto inmediato (optimización de los costos de operación y el mejoramiento de la calidad) en las empresas.

⁵⁵ Elaborado por el Ministerio de desarrollo Económico, Secretaria Nacional de Industria y Comercio, Dirección de Políticas Industriales, Marzo 1997 – La Paz.

La primera política esta destinada a una **apertura y dinámica comercial**, en la que se genere un ambiente favorable para las inversiones y un funcionamiento transparente del mercado, como herramientas esenciales para garantizar la inserción de la producción industrial en el mercado fundamentalmente en el internacional; así mismo las inversiones deben estar caracterizadas por la capacidad de adecuación al contexto dinámico del mercado externo, combinando la eficiencia de la gestión empresarial y comercial con la respuesta precisa y compatibilidad tecnológica.

Una segunda política esta relacionada a una **modernización industrial** sobre la base de impulsar un dinámico proceso de industrialización fundado en la modernización empresarial, el fortalecimiento de su capacidad de inserción en el contexto internacional, la ampliación progresiva de la demanda interna y la incorporación de mayores componentes de eficiencia tecnológica en los procesos productivos, aprovechando las capacidades instaladas y manteniendo la productividad dentro de rangos óptimos; así también se pretende otorgar un apoyo especial al logro de la productividad integral, no sólo dentro del contexto empresarial, sino a lo largo de la cadena productiva, en el entendido de que la eficiencia dinámica de todos los componentes del sistema producción-comercialización, contribuirán a la eficiencia del sistema en su conjunto.

La tercera política está enfocada al **desarrollo del capital humano** como elemento estratégico en la implementación de la política de competitividad, su jerarquía y especialización como instrumento eficaz para aplicar apropiadas políticas de dirección general, manejo de sistemas empresariales, formación de mano de obra operativa calificada, formación de estrategias y negociadores, empresarios visionarios capaces de integrar esfuerzos en concordancia con la dinámica tecnológica y comercial internacional.

La cuarta política destinada al **desarrollo de la pequeña empresa**, a la que hay que dotarle del ambiente necesario para garantizar su presencia en el escenario productivo y mejoramiento permanente de su capacidad de generación de empleos especializados, mejoramiento de la contribución a la economía regional.

Finalmente, la política de mayor preponderancia surge de un **desarrollo tecnológico y sostenibilidad ambiental**, con la cual se debe impulsar el desarrollo tecnológico en la industria manufacturera para generar una capacidad de adecuación, innovación y desarrollo de investigación tecnológica, en procura de mejorar permanentemente sus niveles de productividad y preservar el medio ambiente incorporando tecnologías limpias que permitirán generar industrias esencialmente sostenibles.

LEY AMBIENTAL y reglamentación

Actualmente Bolivia se encuentra en una etapa de organización institucional a nivel nacional, departamental y local para asumir las responsabilidades delegadas por la Ley de Medio Ambiente y su Reglamentación, ésto con la finalidad que las instituciones encargadas puedan llevar a cabo un manejo efectivo de la gestión ambiental, concordante con el desarrollo sostenible de los sectores productivos y principalmente de la industria.

Con el reglamento a la Ley de Medio Ambiente 1333, vigente a partir de diciembre de 1995, se inició el proceso de regulación de la contaminación ambiental en Bolivia. Este reglamento comprende seis grandes grupos⁵⁶ entre los que se encuentran la normatividad en materia de contaminación atmosférica por fuentes fijas (título III, capítulo II del reglamento en materia de contaminación atmosférica), la que se encuentra íntimamente relacionada con el presente trabajo. Dicha sección cuenta con varios artículos, destacándose el artículo 28 que señala: “A fin de facilitar el seguimiento de los planes de adecuación previstos en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental, como también para verificar el desempeño tecnológico ambiental de las fuentes fijas, los representantes legales del proyecto, obra o actividad deberán presentar anualmente un Inventario de Emisiones a la autoridad ambiental competente, en la que se señalen datos de las fuentes, ubicación, descripción del proceso, materias primas, insumos y/o combustibles utilizados, emisiones de contaminantes atmosféricos y equipos para el control de los contaminantes atmosféricos”.

Así mismo, este reglamento en su anexo 4 establece los límites y factores base orientativos de emisión para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles (gas natural y diesel) y que no tienen contacto directo con los materiales de proceso, como se puede apreciar en las tablas que se presentan a continuación:

TABLA 2.1: LÍMITES PERMISIBLES DE EMISIÓN PARA FUENTES FIJAS

| PROCESO | CONTAMINANTE (kg/10 ⁶ m ³)* | | | |
|---|--|-----------------|-----|-----------------|
| | PARTICULAS | SO ₂ | CO | No _x |
| Turbinas, hornos o calderas > 105.5x10 ⁶ KJ/h (Termoeléctricas) | 50 | 9.6 | 640 | 8800 |
| Hornos o calderas (10.5-105.5)x10 ⁶ KJ/h (Industrias) | 50 | 9.6 | 560 | 2240 |
| Calentadores (Domésticos y comerciales) < 10.5x10 ⁶ KJ/h | 50 | 9.6 | 320 | 1600 |

* Kilogramos de contaminante por 10⁶ metros cúbicos de gas natural consumido

| PROCESO | CONTAMINANTE (kg/ m ³)* | | | |
|--|-------------------------------------|-----------------|-----|-----------------|
| | PARTICULAS | SO ₂ | CO | No _x |
| Hornos o calderas (10.5 -105.5)x10 ⁶ KJ/h (Industrias) | 0.24 | 17(S)** | 0.6 | 2.4 |
| Hornos o calderas (0.5-10.5)x10 ⁶ KJ/h (Comerciales) | 0.24 | 17(S)** | 0.6 | 2.4 |
| Calentadores < 0.5x10 ⁶ KJ/h | 0.3 | 17(S)** | 0.6 | 2.2 |

* Kilogramos de contaminante por metro cúbico de diesel consumido

** (S)= porcentaje de azufre contenido en el diesel

Nota: Los valores admiten una variación hasta 10%

Fuente: Elaborado en base al Anexo 4 del Reglamento a la LEY 1333 en materia de contaminación atmosférica.

⁵⁶ Reglamentos: General de Gestión Ambiental; Prevención y Control Ambiental; En Materia de Contaminación Atmosférica; En Materia de Contaminación Hídrica; Para Actividades con Sustancias Peligrosas; De Gestión de Residuos Sólidos.

Dentro de algunos planes y/o programas que se han venido desarrollando en el país durante los últimos 3 años, en materia de medio ambiente e industria, se encuentra el proyecto medio ambiente, industria y minería (PMAIN), cuyo objetivo es el de contribuir al desarrollo sostenible de los sectores productivos, principalmente de la industria y la minería a través del fortalecimiento de la gestión ambiental. Este proyecto contempla dos componentes fundamentales, el primero referido como componente A que tiene por finalidad mejorar el Marco Regulatorio de los sectores Industria y Minería con respecto al medio ambiente y apoyar su implementación; un segundo componente B que se refiere al mejoramiento de la calidad de los servicios analíticos medio ambientales a través del fortalecimiento y mejoramiento de los laboratorios existentes, con el propósito de elevar su confiabilidad (mediante acreditación de ciertos requisitos indispensables estipulados por el MDSP) para que apoyen efectivamente la implementación de los reglamentos de la Ley de Medio Ambiente como brazo técnico. Los resultados del componente A se estiman disponer a fines de julio del presente año ya que existieron diversos inconvenientes. En cuanto al componente B sus resultados se preveen contar a partir del año 2002, toda vez que se inicien con la construcción y el equipamiento respectivo para su buen funcionamiento durante el 2001.

También es oportuno mencionar que se está ejecutando en el Viceministerio de Industria y Comercio Interno a través de su Unidad de Medio Ambiente y con la cooperación Danesa, un programa orientado a desarrollar eficazmente y en tiempo oportuno, los requerimientos del Componente de Prevención y Mitigación de la Contaminación del sector Industrial. Este programa cuenta con un primer componente, el que consiste en desarrollar la estrategia de elaboración del Reglamento Ambiental del sector industrial manufacturero denominado RASIM, puesto que se han identificado vacíos en la reglamentación ambiental boliviana que podrían ser subsanados con el establecimiento de reglamentos y normas sectoriales, tal como el que se pretende y cuyos resultados se estiman disponer a fines de la presente gestión.

2. INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI's EN EL SECTOR INDUSTRIAL

La conservación o el mejoramiento de la calidad de vida de los pueblos del mundo constituye una de las principales tareas que hoy ocupan a la humanidad, puesto que están íntimamente ligadas con la calidad de vida y la pobreza.

El proceso iniciado durante los últimos años para abordar la problemática del Cambio Climático en el país permiten denotar los esfuerzos dedicados para superar la serie de dificultades en cuanto a la heterogeneidad de las fuentes de información, a pesar de ello se ha logrado cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero por fuentes de emisión a nivel nacional. Durante 1990 la producción de cemento fue de 523,013 toneladas métricas mientras que en 1994 la industria del cemento en el país alcanzó una producción de 774,041 toneladas, como producto de ello las emanaciones de dióxido de carbono a la atmósfera por el proceso de transformación ascendieron a 267 Gg y 386 Gg respectivamente, a esta última se adiciona 7.90 Gg de emisiones provocadas por la

producción de 10,000 toneladas de cal viva, como se puede apreciar en los resultados sintetizados de la tabla No.2.2

TABLA 2.2: EMISIONES NACIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

| Síntesis Emisiones de Gases de Efecto Invernadero - 1990 | | | | | | | |
|--|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------|-------|
| Gg | | | | | | | |
| CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO | Emisiones de CO ₂ | Remociones de CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | NO _x | CO | COVNM |
| Total de Emisiones y Remociones Nacionales | 43,453.42 | 65.45 | 476.70 | 1.92 | 40.18 | 601.48 | 52.17 |
| 1 Energía | 5,481.63 | | 51.18 | 0.15 | 31.19 | 293.94 | 48.54 |
| 2 Procesos Industriales | 267.32 | | | | | | 3.63 |
| 3 Uso de Solventes y Otros Productos | | | | | | | |
| 4 Agricultura | | | 399.56 | 1.59 | 2.54 | 80.40 | |
| 5 Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura | 37,704.47 | 65.45 | 25.96 | 0.18 | 6.45 | 227.14 | |
| 6 Residuos | | | | | | | |

| Síntesis Emisiones de Gases de Efecto Invernadero - 1994 | | | | | | | |
|--|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------|-------|
| Gg | | | | | | | |
| CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO | Emisiones de CO ₂ | Remociones de CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | NO _x | CO | COVNM |
| Total de Emisiones y Remociones Nacionales | 46,657.21 | 4,537.42 | 653.48 | 2.53 | 107.95 | 857.99 | 58.15 |
| 1 Energía | 7,646.20 | | 89.05 | 0.20 | 37.64 | 322.43 | 54.09 |
| 2 Procesos Industriales | 393.90 | | | | | 0.01 | 3.95 |
| 3 Uso de Solventes y Otros Productos | | | | | | | 0.11 |
| 4 Agricultura | | | 489.27 | 1.73 | 56.75 | 57.04 | |
| 5 Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura | 38,617.11 | 4,537.42 | 54.67 | 0.38 | 13.56 | 478.51 | |
| 6 Residuos | | | 20.49 | 0.22 | | | |

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de los inventarios realizados bajo la misma metodología 1996 del IPCC, PNCC.

Nótese que el sector de procesos industriales durante el año 90, tuvo una participación en las emisiones nacionales de CO₂ del 0.62%, en cambio en el año 1994 alcanzó al 0.84%, lo que muestra que la actividad industrial es sin duda un factor que está ejerciendo efecto sobre el medio ambiente. Durante el periodo de 4 años, los procesos de transformación de materias primas en Bolivia, han provocado un incremento anual de las emisiones de dióxido de carbono de alrededor de 32,000 toneladas. Si esta tendencia se mantuviera para los próximos años, se estima que las emisiones en el 2010 podrían alcanzar aproximadamente a un 2% de las emisiones totales registradas en 1994.

Con la finalidad de aminorar y/o reducir las emisiones provocadas por este sector, el actual documento presenta un panorama del diagnóstico tecnológico efectuado en algunos rubros de la industria nacional, los que definitivamente son propensos a contribuir en emisiones de GEI's durante su proceso como se detalla más adelante.

4. SECTORES DE ANÁLISIS

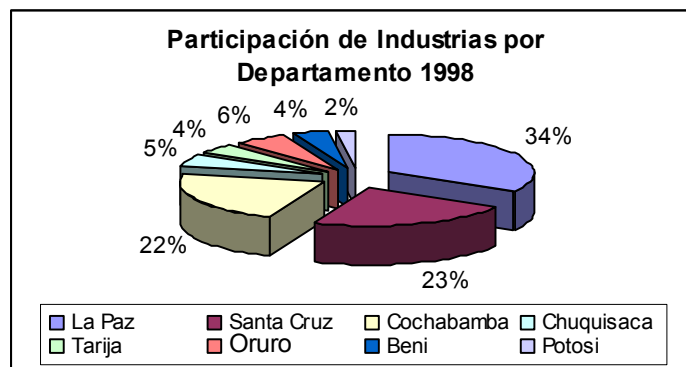
Antes de ingresar de lleno a los sectores de análisis es pertinente dar inicialmente un panorama del conjunto de establecimientos industriales a nivel nacional, que se encuentran registrados en el Viceministerio de Industria y Comercio Interno (VICI).

Las estadísticas de los censos industriales que se han llevado a cabo⁵⁷ registran en el ámbito nacional una contracción a partir del año 1995, año en que el número de establecimientos era de 1,813 y que al pasar los años ha ido sufriendo un franco proceso

⁵⁷ Viceministerio de Industria y Comercio Interno, Unidad de Medio Ambiente/BID 929.

de disminución motivado por diferentes factores, principalmente por las circunstancias económicas reinantes y la escasa tecnificación para ser competitivos, lo que ha provocado que no logren competir (en precios y calidad) frente a los productos importados, ocasionando el colapso y el cierre de sus actividades de alrededor de 246 industrias en un periodo de 4 años, alcanzando en 1998 a un total de 1,567 industrias entre grandes, pequeñas y medianas. De estas empresas, el 79% se encuentran concentradas en la red troncal de ciudades del país (La Paz, Santa Cruz, Cochabamba) y el restante 21% se encuentra disperso en otras ciudades como se puede apreciar en la figura 2.1.

FIGURA 2.1: INDUSTRIAS POR DEPARTAMENTOS

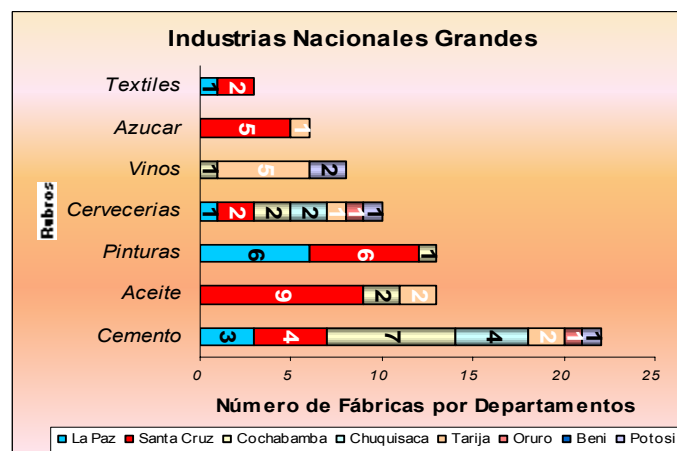


Fuente: Elaboración propia con datos del VICI UMA/BID 929

Del total de estas empresas, se destacan entre diversos rubros 75 factorías por sus volúmenes de producción, tecnología disponible e infraestructuras con las que cuentan. Entre estos rubros, por la magnitud existente en el territorio nacional, se encuentran primeramente las fábricas de Cemento (22), seguidas en orden de importancia las industrias de aceites (13), pinturas (13), Cervecerías (10), procesadoras de vinos (8), ingenios azucareros (6) y textiles (3).

La figura 2.2 que se presenta a continuación, refleja las industrias por departamentos conforme a lo señalado en párrafo anterior.

FIGURA 2.2: NÚMERO DE FABRICAS POR RUBROS NIVEL NACIONAL



Fuente: Elaboración propia con datos del VICI UMA/BID 929

La identificación de necesidades de tecnologías del cambio climático en el rubro de la industria, requiere de un proceso bastante largo, en el que se deben superar obstáculos de diferente índole, por ello y con el afán de realizar el trabajo, nos abocaremos durante el desarrollo de este documento a ciertos subsectores específicos, tomando en consideración la disponibilidad y acceso a la información. Bajo este contexto, se han seleccionado con carácter inicial o piloto aquellas industrias que han manifestado la predisposición de coadyuvar en proveer información y acceso a sus plantas; adicionalmente porque se ha pretendido que las mismas se encuentren enmarcadas en la subdivisión de grandes, medianas y pequeñas empresas, las cuales pueden permitir tener un panorama de las potencialidades de necesidades tecnológicas que pueden representar las restantes factorías en los mismos rubros.

Es importante puntualizar el hecho que al hacer la segmentación del universo manufacturero del país, esto conlleva a considerar una amplia diversidad de ramas productivas cada una de las cuales con características muy específicas de producción y dentro de las cuales se pueden originar emisiones de gases a la atmósfera.

Por otra parte, el desarrollo de este análisis está compuesto de dos elementos: El primero relacionado a una identificación inicial basada principalmente en información declarada y/o proporcionada a instancias ambientales; el segundo componente es la validación de la identificación inicial la que se sustenta en una comprobación en planta de los subsectores que se han determinado, esto con la finalidad de establecer las tecnologías existentes (actualmente), los rendimientos de los equipos, las opciones de incorporar mejoras o nuevas tecnologías de manera de alcanzar reducciones de emisiones, como también plantear proyectos que se orienten a una transferencia de tecnología.

En base a lo mencionado, se parte del hecho que durante los procesos de producción para la fabricación del cemento-yeso, la Cerveza, el Azúcar, el Aceite comestible y las pinturas, se generan liberaciones de gases por diferentes fuentes como se describe a continuación:

4.1. SECTOR INDUSTRIA DE PRODUCTOS MINERALES

- 4.1.1. Fabricación de Cemento Portland: Este producto resulta de la cocción (altas temperaturas) de una mezcla homogénea y definida de materiales arcillosos y caliza que proporcionan óxidos de calcio, de silicio, de alúmina y de hierro. Durante el proceso la materia prima, que es la piedra caliza, es triturada y molida para luego ser sometida a la etapa de cocción que inicialmente se realiza en los precalentadores, donde se hace la eliminación del agua contenida en el mineral arcilloso, seguidamente en los equipos precalentadores y calcinador se produce la descomposición del carbonato de calcio en óxido de calcio y dióxido de carbono (GEI) para finalizar la descarbonatación cerca de un 95% en el horno. Por otra parte, la planta utiliza gas natural para los equipos calentadores por cuyo consumo se produce liberación de gases por combustión.

4.2. SECTOR INDUSTRIA DE ALIMENTOS

- 4.2.1: Fabricación de Cerveza: Este producto, comprende diversos procesos y operaciones unitarias, que para efectos de descripción de las emisiones en el presente estudio, sólo se mencionará el **proceso de Fermentación** ($C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$). Se produce la fermentación del mosto (líquido proveniente de la mezcla de las harinas de malta y arroz) al adicionar las levaduras en tanques cilíndricos-cónicos, estos equipos permiten la recuperación de una parte de la liberación de CO_2 (aproximadamente un 55% del total emitido); tal proceso tiene una duración de entre 5 a 6 días a una temperatura de $12^\circ C$ hasta alcanzar un punto final de 4.2% de alcohol en volumen, empleando como refrigerante una mezcla de alcohol-agua. También, es necesario contabilizar las emisiones de gases que surgen al utilizar gas natural como combustible para los equipos de generación de vapor (calderos), el cual es aplicado para elevar la temperatura en la olla de mezcla y producir la desagregación de los almidones.
- 4.2.2: Fabricación de Azúcar: Producto obtenido a partir de la caña de azúcar mediante una serie de procesos, partiendo de la molienda de esta caña por la cual se obtiene un jugo, el mismo es sometido a un tratamiento químico con la adición de cal hidratada en polvo y azufre. Durante varias etapas del proceso, se utiliza bastante vapor tanto para los calentadores tubulares como para los evaporadores; producto de ello es que para la **generación de vapor** se utiliza como combustible en los calderos el bagazo, fruto de ello se produce la emisión de gases (NO_x) en función de la cantidad utilizada de la biomasa.
- 4.2.3: Fabricación de Aceite Comestible: Este producto se obtiene a partir de las materias primas como la Soya y el Girasol. Durante su procesamiento se hace la extracción del aceite utilizando hexano ($COVNM$) como solvente (aproximadamente 1.4 litros/tonelada de grano procesado), posteriormente el solvente es recuperado a través de sistemas de destilación y condensación para ser reutilizado en la extracción y como producto de las pérdidas que se ocasionan se provocan emisiones de gases de hexano. Por otra parte, durante las otras etapas del proceso como la producción de vapor en calderos que utilizan combustible tal como el Gas Natural y cascarilla de soya y girasol, se producen liberaciones de gases a la atmósfera entre ellos monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre.

4.3. INDUSTRIA DE PROCESOS QUÍMICOS

- 4.3.1: Fabricación de Pinturas: La manufactura de pintura envuelve la dispersión de un aceite o resina, seguida de la adición de diferentes solventes durante el proceso productivo para ajustar la viscosidad. El uso de estos solventes ocasionan emisiones de compuestos volátiles diferentes al metano,

especialmente durante la elaboración de las pastas (Mixión), las cuales se realizan en recipientes con capacidad de 50,100 o 600 galones y dependiendo de la producción se adiciona solventes, resinas formuladas y auxiliares.

Un resumen de lo mencionado se muestra en la tabla No.2.3, donde se puede apreciar el tipo de gas que se produce en los subsectores por cada tipo de fuente generadora. Esta identificación inicial responde plenamente a información proporcionada y reflejada por cada una de las factorías en sus Manifiestos Ambientales la que, al mismo tiempo, es corroborada con visitas en plantas.

TABLA 2.3: EMISIONES DE GASES POR SUBSECTOR Y TIPO DE FUENTE

| SUBSECTOR | FUENTE | TIPO DE GAS |
|---|---|---|
| 1. INDUSTRIA DE PRODUCTOS MINERALES <ul style="list-style-type: none"> Fabricación de Cemento y Yeso. | <ul style="list-style-type: none"> Calcinador, Horno Rotatorio, provenientes de las reacciones de producción. Calentador Torre, gases de combustión debido al uso del combustible gas natural. | CO₂ CO, SO ₂ , NO _x |
| 2. INDUSTRIA DE ALIMENTOS <ul style="list-style-type: none"> Fabricación de Cerveza. Fabricación de Azúcar. Fabricación de Aceite Comestible. | <ul style="list-style-type: none"> Tanques cilíndricos cónicos para la fermentación. Calderos, Torrador; gases de combustión debido al uso de combustibles gas natural y diesel Calderos, gas de combustión por uso de combustible bagazo. Horno de azufre Calderos, gas de combustión por uso de combustible gas natural, chala de girasol y soya | CO₂ CO,SO ₂ , NO _x NO_x SO ₂ CO,SO ₂ , NO _x |
| 3. INDUSTRIA DE PROCESOS QUÍMICOS <ul style="list-style-type: none"> Fabricación de pinturas. | <ul style="list-style-type: none"> Maquina de preparado de pastas Depósito aromáticos y carburantes | COVNM (benceno,tolueno,xileno) COVNM (benceno,tolueno,xileno) |

Fuente: Elaboración propia en base a M.A. proporcionados por la DGICSA del VMARNDP

En primera instancia las industrias planteadas para el estudio comprendieron 10 empresas, entre fábricas de cemento, cerveceras, ingenios azucareros, industrias de aceites comestibles y fábricas de pinturas. Dada la limitante en cuanto a información y aceptación de los industriales, el análisis se circunscribió a 4 factorías, teniéndose a la Cooperativa Boliviana del Cemento (COBOCE), La Cervecería Boliviana Nacional, Ingenio Azucarero Roberto Barbery Paz (UNAGRO), Industria de Pinturas Monopol.

5. TECNOLOGÍAS EXISTENTES EN LOS SUBSECTORES

La disponibilidad de tecnologías para cada uno de los subsectores mencionados y que se encuentran relacionadas a las emisiones de gases que generan, es señalada a partir de dos enfoques: el primero desde el punto de vista del proceso mismo, donde la materia prima sufre un cambio (reacción) en determinado equipo y como producto de ello se provocan emisiones, y por otra parte el uso de cierto tipo de combustible necesario para el funcionamiento de algunos equipos, provocando emisiones por combustión. Una descripción de las características de estas tecnologías, así como un cálculo estimativo de las emisiones que estarían generando, está remitido al tipo de producto que se fabrica.

5.1. FABRICA DE CEMENTO (COBOCE):

Empresa dedicada a satisfacer las necesidades de materiales de construcción, ofreciendo productos de alta calidad al menor costo posible. Es la única empresa Cooperativa Industrial del medio, con principios sólidos y objetivos de orden social. Sus actividades se remontan hacia el año 1972, cuando arranca con una capacidad de producción de 100,000 toneladas métricas al año y con el pasar del tiempo se amplía la factoría, contando actualmente con una planta de producción con capacidad de 300,000 toneladas anuales, la misma que se encuentra ubicada en la localidad de Irpa Irpa de la ciudad de Cochabamba.

El proceso productivo está compuesto inicialmente por la elaboración del clinker (producto intermedio a partir del cual es hecho el cemento) que involucra la conversión a altas temperaturas de minerales con propiedades hidráulicas, es decir, que la materia prima que es la piedra caliza es triturada (chancadora) hasta $\frac{3}{4}$ de pulgada y es depositada en tolvas que envían este material triturado a la playa de prehomogenización, de donde se dosifica a los molinos de acuerdo al requerimiento de la preparación de homas (caliza de alta, caliza de media y hierro) obteniéndose harina que posteriormente es homogenizada para que el trabajo en el horno y en los sistemas de precalentamiento y precalcificación sean estables transformando las materias primas en Clinker.

Durante las etapas del proceso que se lleva a cabo en planta, tal como son el recalentado y calcinación y en cuyas secciones es donde se generan emisiones de GEI's, los equipos que participan y que se utilizan para dichas etapas se señalan en la tabla No.2.4, estando comprendidos por:

TABLA 2.4: TECNOLOGÍAS EXISTENTES SECTOR CEMENTO

| Cantidad | Descripción | Tipo de Emisión |
|----------|--|---|
| 1 | Calentador Torre KHD® de 4 etapas, chimenea de filtro #1 | Gases de combustión CO,SO ₂ ,NOx |
| 1 | Calentador Torre Fuller de 4 etapas, chimenea de filtro #2 | Gases de combustión CO,SO ₂ ,NOx |
| 1 | Calcinador Flash de Fuller SLC con aire terciario | De Reacciones de producción CO ₂ |
| 1 | Horno rotatorio de 40 m. de largo por 3.2 m. de diámetro | De Reacciones de producción CO ₂ |

Fuente: Elaboración propia en base a información de la Cooperativa Boliviana del Cemento (COBOCE)

© Klocner Humboldt Deutz.

En base a datos recopilados tanto del material tratado como del consumo de combustibles, se ha logrado estimar las emisiones de gases que se estarían produciendo en los equipos descritos supra y que se encuentran en pleno funcionamiento, los que alcanzarían a 83,535 toneladas al año de CO₂, de las cuales el 7.5% son producidas en el calcinador; un 8.7% en el horno rotatorio, un 80.8% en los calentadores por quema de combustible y una pequeña fracción (3%) por vehículos que utiliza la empresa. Otros gases que se liberan como producto de la quema de combustible en el equipo calentador son el monóxido de carbono con 24 toneladas anuales de emisión; 0.14 toneladas de metano y 337 toneladas de NOx.

5.2. FABRICA DE CERVEZA (CBN - La Paz):

La elaboración de la cerveza envasada comprende diversos procesos y operaciones unitarias, que para efectos del presente diagnóstico han sido separados en cuatro procesos fundamentales, el **primer proceso** es el **malteado** donde se prepara una de las materias primas a partir de la cebada; para la fabricación de la cerveza negra la malta debe ser torrada a fin de proporcionar el sabor y color peculiar (sección identificada de emisión de gases por combustión por uso del combustible diesel en la torrefacción), seguidamente se cuenta con el **proceso de cocimiento** tanto de la harina de malta como de la harina de arroz, las cuales finalmente son mezcladas y con el uso de vapor (generado por calderas) se eleva la temperatura de la mezcla a objeto de realizar la desagregación de almidones y proteínas. Un **tercer proceso es la fermentación y maduración** que se lleva a cabo en cilindros cónicos que permiten la recuperación del gas dióxido de carbono (sección identificada de emisión de GEI) y finalmente se destaca el **proceso de embotellamiento**.

Es importante señalar que esta industria dispone de procesos automatizados de última tecnología cuya capacidad de producción de cerveza alcanza anualmente a 3 millones de litros. Las eficiencias de sus calderos se encuentran en un rango de entre el 81% y el 85%, lo que les permite no exceder los límites que menciona el reglamento nacional en materia de contaminación atmosférica.

Conforme a lo señalado en el párrafo anterior, en la tabla 2.5 se presentan los equipos identificados que participan en la fase de producción de contaminación atmosférica.

TABLA 2.5: TECNOLOGÍAS EXISTENTES SECTOR CERVECERIA

| Cantidad | Descripción | Tipo de Emisión |
|----------|--|---|
| 1 | Caldero Loos sección maltería | Gases de combustión CO ₂ ,SO ₂ ,NO _x |
| 1 | Caldero Eisverk theodor Loos (caldero antiguo) | Gases de combustión CO ₂ ,SO ₂ ,NO _x |
| 1 | Caldero Loos (caldero nuevo) | Gases de combustión CO ₂ ,SO ₂ ,NO _x |
| 1 | Sistema Wittermann/Hasselberg para recuperación de CO ₂ | De Reacciones de producción CO ₂ (fermentación) |

Fuente: Elaboración propia en base a información de la Cervecería Boliviana Nacional – La Paz

Las emisiones estimativas del gas CO₂ generados en el proceso de fermentación alcanzan anualmente a 1,056 toneladas, de los cuales el 91% es recuperado en planta a través del equipo Wittermann/Hasselberg y el resto (8%) es liberado a la atmósfera. Por

otro lado, el consumo de combustibles tanto para los calderos como para el torrado de la malta ocasiona la producción de gases en una cantidad aproximada de 3 toneladas al año de monóxido de carbono, es decir, 11 t/año de Nox. Así mismo, durante todo el proceso de producción hasta la obtención de la bebida, se genera anualmente un total de 14 toneladas de COVNM.

Hay que remarcar que el equipo de sistema de recuperación de CO₂ con el que cuenta la CBN tanto de la ciudad de La Paz como de Santa Cruz, es de última generación y no puede aseverarse que las restantes 8 industrias existentes en las otras regiones del territorio nacional (Taquiña, Astra, Imperial, Ducal, etc), dispongan de este sistema.

5.3. FÁBRICA DE AZÚCAR (UNAGRO):

El ingenio azucarero Roberto Barbery Paz se encuentra ubicada en la localidad de mineros a 70 Km. al norte de la ciudad de Santa Cruz, posee una capacidad de molienda para 7 meses de zafra de 1 millón de toneladas con una producción de 92,000 toneladas de azúcar, 10 millones de litros de alcohol y un excedente de 64,000 toneladas de bagazo.

Las fases para la obtención de azúcar, partiendo de la caña, comprenden aproximadamente 10 etapas en las que se destacan el tratamiento químico, calentamiento, evaporación y cristalización. Durante el proceso que se desarrolla los equipos y/o tecnologías que participan funcionan con la fuerza motriz provocada netamente por vapor el cual es producido por los calderos que tienen como combustible el bagazo de caña, la leña y gas natural. El vapor producido en las calderas pasa por las turbinas de los molinos, turbinas de pica cañas, el vapor que sale de estas turbinas o vapor de escape se usa en el calentamiento y ebullición de los productos en proceso.

Es oportuno mencionar que el bagazo (biomasa) como energético primario, durante su quema y transporte emite CO₂. Por otro lado la planta de caña por su capacidad extraordinaria de síntesis de biomasa absorbe el CO₂ producido, logrando en su conjunto un equilibrio entre la producción y absorción de CO₂, por ello se considera la emisión de este gas a la atmósfera igual a cero.

Del análisis efectuado para este tipo de fábricas, se puede mencionar que durante el proceso mismo, se presenta la producción de gases contaminantes tales como los compuestos volátiles distintos del metano (COVNM) en pequeñas cantidades, como también amplias liberaciones de vapor de agua a la atmósfera.

Los equipos en este proceso que son susceptibles a la generación de GEI's por la utilización del bagazo (combustible renovable) y que pueden ser en proporciones mínimas, son detallados a continuación en la tabla 2.6:

TABLA 2.6: TECNOLOGÍAS EXISTENTES SECTOR AZUCARERO

| Cantidad | Descripción | Tipo de Emisión |
|----------|---|-----------------------------------|
| 2 | Calderas marca Babcock y Wilcox CL32 60 tipo Stirling | Gas de combustión NOx |
| 1 | Horno de azufre | Gas de reacción SO ₂ , |

Fuente: Elaboración propia en base a información de Fábrica UNAGRO.

Los cálculos efectuados en base a la información proporcionada por la industria, permiten estimar las emisiones anuales de NOx en alrededor de 118 toneladas como producto de la quema de combustible (bagazo) en los calderos. Por otro lado, y mediante el proceso de elaboración durante 7 meses, se liberan a la atmósfera alrededor de 920 toneladas de compuestos volátiles diferentes al metano.

5.4. FÁBRICA DE PINTURAS (MONOPOL):

Industria que data desde el año 1948 dedicándose a la preparación de pinturas, con el pasar del tiempo y con las exigencias de un mercado cada vez más amplio, Monopol Ltda., introdujo en los años 70 nueva tecnología que le ha permitido diversificar sus productos en el mercado con la incorporación de anticorrosivos, pegamentos y barnices. Actualmente cuenta con dos plantas de producción, la primera en la ciudad de La Paz en la zona de Villa Fátima y la segunda en la ciudad de Santa Cruz ubicada en el parque industrial liviano

Estos tipos de empresas trabajan con diferentes materiales e insumos, entre los que se tienen los solventes, pigmentos, aceites, resinas y auxiliares, los que son mezclados de acuerdo a las especificaciones técnicas de formulación o titulación (secreto industrial). El proceso productivo comprende varias etapas (9), iniciándose con la recepción y pesado de materia prima, seguida de la **formulación** (receta) que es realizada en laboratorio y cuya actividad es la más delicada e importante, posteriormente se realiza el control de calidad, dosificación, **mixión** (sección identificada de emisiones) donde se elabora la pasta en máquinas y/o recipientes con capacidad hasta 600 galones y en el que se adiciona solventes en función de la producción establecida, esta preparación no es hermética motivo por el cual existe liberación de gases a la atmósfera. Una vez efectuada la preparación de la pasta se procede a la adición de colores o aplicación de aditivos, resinas para finalmente envasar y almacenar el producto.

La producción de pinturas al solvente es 100% manual con ningún tipo de control del escape de los gases, así mismo en los depósitos de compuestos aromáticos y carburantes se presentan emisiones fugitivas de gases como se detalla a continuación en la tabla 2.7.

TABLA 2.7: TECNOLOGÍAS EXISTENTES SECTOR PINTURAS

| Cantidad | Descripción | Tipo de Emisión |
|----------|---|-------------------------|
| 3 | Maquina mezcladora eléctrica para el preparado de pastas. | Gases de reacción COVNM |
| 4 | Depósitos de compuestos aromáticos y carburantes. | Gases Fugitivos COVNM |

Fuente: Elaboración propia en base a información de Fábrica Monopol – Santa Cruz

Los cálculos estimativos de las emisiones generadas por esta factoría indican que por el uso de solventes estas emisiones ascienden a 4.24 toneladas de COVNM al año, de las cuales el 73% representan las pinturas al solvente; el 20% concentrado en productos como masillas, pegamentos y tintes; y un 7% los barnices.

6. BARRERAS EXISTENTES PARA LA TRANSFERENCIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

La investigación llevada a cabo en el sector industrial, ha permitido establecer primariamente los obstáculos o barreras con las que se tropiezan ya sea para la implantación de nuevas tecnologías o el mejoramiento de las existentes. Se puede mencionar en general que principalmente existe la necesidad de efectuar pruebas de tecnologías novedosas y su aplicación en el país, la capacidad institucional para la validación y adaptación de nuevas tecnologías es limitada debido a que no se cuenta con el personal especializado para la introducción y/o análisis.

Por otro lado, la limitación de información se constituye en otro obstáculo, pues el acceso a ésta no es generalizado, algunas instituciones cuentan con información que no es suficiente y se requieren fondos para su difusión a un mayor número de grupos; los elevados costos de los equipos novedosos los convierten en inaccesibles a nuestro mercado que se caracteriza por ser de una economía pobre con problemas de inflación, siendo el financiamiento externo la única vía para adquirir los nuevos equipos. Las tecnologías amigables con el ambiente son novedosas, y por lo tanto, su costo es más elevado, prueba de ello son los paneles solares que a pesar que han ido disminuyendo su precio, aún sus costos son elevados para el común de la población. Se destaca también que la falta de conciencia pública (ausencia de educación y entrenamiento) produce la falta de percibir los beneficios y de la necesidad de ser eficientes, ni sobre las consecuencias de un eventual cambio climático.

Cabe mencionar que en el país se han efectuado esfuerzos aislados por parte de algunas instituciones para pretender llevar a cabo un relevamiento o inventario de las industrias contaminantes, tal es el caso de Asociación Boliviana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental El Alto (ABIS), que en 1996 ejecutó el Programa nacional de inventariación de fuentes contaminantes de origen industrial, documento que concentró el trabajo tan sólo en la ciudad de El Alto. Así mismo, en la gestión 2000, el Viceministerio de Industria y Comercio Interno a través de la conformación de su Unidad de Medio Ambiente lanzó la iniciativa de efectuar la elaboración de una matriz en la que se incorpore información básica e impacto ambiental por subsectores industriales a nivel nacional, ésto con la finalidad de llevar a cabo la prevención y el control ambiental del rubro industrial en el país. Este trabajo está en plena ejecución y se tiene previsto culminar en una primera fase hasta diciembre del presente año. Los esfuerzos que se han indicado contribuyen a superar ciertas barreras de información, pero aún quedan los aspectos de importancia, tal como los relacionados a inventarios de tecnologías que no han sido abordadas y que deben encararse en el corto plazo.

Específicamente las barreras se convierten en inhibidores de un proceso de transferencia de tecnología que se pueda dar. No obstante, éstos pueden ser categorizados de acuerdo a los siguientes aspectos:

- Institucional: Carencia de marcos de trabajo legal y regulatorio, capacidad institucional limitada y excesivos procedimientos burocráticos; ausencia de centros tecnológicos para difusión, información y mercadeo.
- Política: Inestabilidad, corrupción, mecanismos de control con escasa participación de la sociedad civil.
- Tecnológico: Carencia de infraestructura, falta de estándares técnicos y instituciones para soportar los estándares, bajas capacidades de firmas y/o empresas y carencia de tecnología.
- Económico: Condiciones macroeconómicas pobres, bajos niveles de ahorro, escaso acceso a mercados tecnológicos.
- Financiero: Falta de inversiones de capital e instrumentos de financiamiento.
- Falta de conciencia en todos los sectores en términos de oportunidades y acceso.

6.1. FORMAS PARA REMOVER BARRERAS:

Conforme al análisis llevado a cabo se considera que las acciones que se deben tomar y que de alguna manera van a conducir a superar los obstáculos, deben ser aquellas que tomen en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Llevar a cabo estudios comprensivos en el que se detallen el tipo de barreras (económicas, administrativas y/o técnicas) por rubro o sector.
2. Desarrollar programas de vinculación que aseguren el flujo de información, concientización, capacitación y asesoramiento técnico a los distintos sectores de la producción.
3. Definición y estructuración de casos demostrativos sobre las ventajas de aplicación de conceptos de producción más limpia, en función de los problemas más generalizados y críticos de contaminación industrial.
4. Incrementar la difusión de transferencia de tecnología a través de seminarios, boletines impresos y electrónicos.
5. Análisis de alternativas de utilización de tecnologías más limpias en procesos actuales y desarrollo ingenieril de las adaptaciones correspondientes.
6. Fortalecimiento institucional para alcanzar elevados niveles de capacidades, coordinación entre unidades pertinentes a nivel nacional, departamental y local, establecimiento de marcos regulatorios (complementación de reglamentaciones, generación, recopilación y manejo de información, concientización y participación ciudadana) acorde a las necesidades y realidades nacionales de los sectores en base al concepto de desarrollo sostenible, eliminación de la burocracia reinante por medio de procedimientos más eficientes; creación de centros de excelencia tecnológica con soporte internacional.

6.2. TECNOLOGÍAS REQUERIDAS

Por lo general las empresas productivas no desarrollan tareas orientadas a la investigación y al mejoramiento tecnológico, ni siquiera contactan con centros de investigación nacional, por lo que son enormemente dependientes de los proveedores de equipos a la hora en que se presentan desperfectos. En muchos casos las empresas tienen plantas tecnológicas obsoletas, produciendo bienes dirigidos exclusivamente al mercado interno, sin acceso a fuentes de información, así estas empresas no pueden competir en el mercado internacional con productos de calidad, a tiempo y en volúmenes necesarios para satisfacer las demandas.

Un aspecto clave que afecta el desarrollo empresarial es la desvinculación de las universidades y centros de investigación, derivada de las actitudes de ambos actores y en particular sobre la falta de confianza de las empresas respecto al trabajo de las universidades. No se puede dejar de reconocer los dedicados esfuerzos de investigadores e instituciones públicas y privadas, que pese al ambiente poco favorable bajo el cual desarrollan sus actividades, realizan aportes de importancia en la generación, asimilación, difusión y utilización del conocimiento con destino a tecnologías innovadoras.

Partiendo de lo señalado en la sección 7, se puede asegurar que el requerimiento de las tecnologías para la mayor parte de las industrias consideradas en el análisis, se encuentran concentradas principalmente en aquellos equipos (calderos) que por el uso de cierto combustible provocan emisiones de gases a la atmósfera por una parte, por otro lado los hornos que cuentan algunas factorías y donde se realizan reacciones a altas temperaturas, requieren ser sometidos a un proceso de mejoramiento para permitir reducir la generación de gases contaminantes.

Para el tipo de industrias en las que se utilizan bastantes solventes, es imprescindible contar con equipos herméticos que coadyuven a realizar sus labores de forma óptima y con bajo riesgo para sus recursos humanos; ésto permitirá alcanzar un mayor grado de competitividad definiendo los perfiles de los productos y procesos industriales con los que un país compite en los mercados, como también el impacto económico relacionado con los métodos de producción y los productos.

Uno de los ejes principales del requerimiento de tecnología en los procesos productivos, es lograr precisar con exactitud de que equipos se tratan, ciertamente los tamaños, las capacidades, obligan a una gran selectividad que induce a construir capacidades para utilizar aquellas que son importadas, adaptarlas a las condiciones locales y utilizarlas en el desarrollo de otras tecnologías, procesos y productos.

Por ello y dado el número de industrias existentes en el territorio nacional, la vinculación con aquellas que se han analizado, permiten señalar estimativamente, la potencialidad de las necesidades tecnológicas desde el punto de vista del proceso de transformación en sí, centrándose en las tecnologías que participan y que son función del tipo de actividad industrial que se desarrolla. Adicionalmente, es necesario puntualizar que las capacidades de producción de las factorías de un mismo rubro difieren una de la otra, al igual que los

equipos, lo que dificulta poder generalizar, pero para fines del presente documento se presenta un aproximado de necesidades de tecnología de cambio de clima para reducción de emisiones, asumiendo nuevas incorporaciones, resaltando que en algunas industrias probablemente tan sólo se requieran mejoras y no así nuevos equipos.

TABLA 2.8: NECESIDADES TECNOLÓGICAS PARA REDUCIR EMISIONES DE GASES A LA ATMÓSFERA

| Rubro Industrial | Descripción | Cantidad |
|-------------------------|--|--|
| Cemento | Mejoramiento o introducción de equipos calcinadores; hornos rotatorios | Asumiendo introducción de nuevos equipos, se requerirán 22 calcinadores, y 22 hornos |
| Cervecería | Equipo con sistema de recuperación de CO ₂ | Aproximadamente 8 equipos |
| Azúcar | Mejoramiento o introducción de Hornos | Incorporación de 6 nuevos hornos |
| Pinturas | Maquinas mezcladoras para preparado de pastas, depósitos herméticos. | Considerando equipos nuevos para mezclado 13. |

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones realizadas.

En los rubros de procesamiento de vinos y aceites comestibles también se presentan potenciales necesidades de tecnologías, en el primer caso con equipos herméticos (tanques) destinados al proceso de fermentación para un número de 8 empresas dedicadas a la elaboración de vinos con diferentes grados de calidad; en el segundo caso, habría la necesidad de calderos y equipos extractores sólido líquidos de elevadas eficiencias, para 13 industrias que se dedican en el país al procesamiento de aceites comestibles y grasas de origen vegetal a partir de las materias primas como la soya y el girasol.

7. PROYECTOS PARA COADYUVAR AL MEJORAMIENTO O INTRODUCCIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA INDUSTRIA

Las nuevas tecnologías han sido el gran detonante de las transformaciones de la economía internacional, a medida que éstas han sido incorporadas han modificado los patrones de producción industrial, agrícola, procesamiento de alimentos, etc. Hoy, el comercio internacional ya no es más de materias primas, sino de manufacturas de alto valor agregado; las empresas tratan de llegar con sus productos a todos los mercados, adaptándose a las exigencias de los consumidores; en este entendido las empresas deben poseer capacidades creativas que normalmente no se cuentan, porque se requieren una serie de ingredientes que no siempre se dan. En general, el ambiente creativo parece que puede lograrse a partir de la generación de un flujo intenso de ideas y el establecimiento de relaciones laborales distintas a las tradicionales.

Una característica de la tendencia de globalización de los últimos años es aquella que está referida a la cooperación transfronteriza entre científicos y laboratorios de investigación para compartir los costos de transferencia de tecnología, que para países en desarrollo como Bolivia representarían demasiado elevados. Los arreglos cooperativos entre empresas y transferencia de tecnología dentro de corporaciones de carácter multinacional permitirán el desarrollo de proyectos con componentes de redes internacionales que involucran empresas, laboratorios de investigación gubernamentales, como de las universidades, totalmente financiados y orientados a generar un nuevo conocimiento tecnológico más acelerado y que permita que las empresas y/o compañías nacionales puedan ocupar y mantener nuevos mercados. Adicionalmente, la perspectiva es reducir las brechas tecnológicas entre los países en desarrollo y los países desarrollados que actualmente existe

Es relevante tomar en consideración que los procesos productivos de las industrias abordadas (5 factorías) difieren bastante, así mismo los puntos de las liberaciones de gases se encuentran localizados en un 80% en los calderos y en un 20% en los hornos. A partir de ésto, prospectivamente proyectos que se desarrollen, deberán estar centrados en tales aspectos para el mejoramiento o la introducción de nuevas tecnologías, las que deben ser llevadas a cabo bajo rigurosos análisis en función de las tecnologías que se poseen y adaptarlas a éstas.

Existe la urgente necesidad de ampliar el universo de factorías en los análisis, a manera de precisar el espectro de necesidades tecnológicas en el ámbito nacional (de lo contrario sería muy aventurado establecer) en los diferentes subsectores. Ésto solamente puede ser alcanzado por medio de la ejecución de proyectos específicos que logren ser implementados en un corto plazo.

Es claro, sin embargo, que si Bolivia quiere tomar ventaja de los procesos de cooperación e integración, debe a la brevedad posible estructurar una política de participación y dedicar recursos financieros adecuados, de otra manera continuará apenas como observadora de la revolución de la ciencia, el desarrollo y la innovación tecnológica con el consecuente atraso que todo ello implica.

7.1. BENEFICIOS ASOCIADOS

Las empresas constituyen el eje alrededor del cual gira el proceso de mejoramiento o inserción de tecnología; siendo éstas las que transforman el conocimiento generado por la investigación científica y tecnológica en bienes y servicios para el mercado, por tanto, son elementos indispensables de la competitividad estructural de una país.

Existe conciencia de que las empresas nacionales son débiles por diversos motivos, existen factores tecnológicos y extra tecnológicos importantes que las afectan, resaltando como la principal la falta de competitividad y la ausencia de capacidades tecnológicas y de innovación, por ésto al incorporar proyectos se podrán obtener beneficios relacionados con:

- El fortalecimiento y creación de mayores y mejores servicios tecnológicos.
- La creación de empresa innovadoras (empresas de base tecnológica).
- La creación de empresas productivas en los sectores rurales que logren superar la pobreza y evitar el flujo de sus pobladores hacia los centros urbanos.

Un mecanismo para alcanzar el tipo de empresas de base tecnológica, es a través del establecimiento de parques científicos que estén asociados con las universidades, puesto que así constituyen uno de los mecanismos más efectivos y eficientes para transferir tecnología al sector productivo y al mercado.

7.2. OPORTUNIDADES DE TRANSFERENCIA

Tanto la CMNUCC en su artículo 4.5 como el Protocolo de Kioto en sus artículos 3.14 y 11.2.b, establecen que los países desarrollados deberán tomar los pasos prácticos para promover, facilitar y financiar, de la forma más apropiada, la transferencia o el acceso a tecnologías ambientalmente sanas y el conocimiento de éstas a los países en vías de desarrollo. Bajo este contexto el rol de los sectores privado, público y organizaciones internacionales son preponderantes y deben ser interconectadas, toda vez que se reconoce que la transferencia de tecnología es primeramente acerca de la transferencia de tecnología “software”, específicamente comprendiendo las aplicaciones y manejos de tipos específicos de equipos.

Las compañías del sector privado están principalmente envueltas en el desarrollo de proyectos, la provisión de servicios y equipamiento para su implementación, y la provisión de créditos y financiamiento para proyectos, incluyendo el manejo de recursos desde instituciones multilaterales que son canalizados por vía de bancos privados e instituciones financieras.

El sector público es el responsable para establecer la regulación ambiental necesaria para el desarrollo de proyectos, basados sobre un sistema de mercado de buena distribución y servicios, recursos, información y capital, ésto para crear mercados ambientalmente y económicamente sustentables, para que la sociedad del país esté dispuesta a escoger como esa consideración sería dada.

En cambio las Organizaciones internacionales deben jugar un rol facilitador entre ambos sectores (privado-público) como arbitro y administrador, ésto puede ser dado en varias formas:

- Soportando actividades destinadas al sector público para promover tipos de proyectos específicos, acceso a tecnología y acceso al financiamiento.
- Soportando políticas de actividades de desarrollo mediante convenios con el gobierno para impulsar la creación de mayores niveles de actividades de campo.
- Facilitando contactos entre inversores y prestamistas interesados en sectores relacionados a cambio climático.
- Promoviendo financiamiento con tasas comerciales preferenciales.

7.3. CÓMO HACER LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

La transferencia de tecnología requiere la atención, el esfuerzo y los recursos humanos y financieros para los campos específicos de implementación.

En Bolivia no existen estudios de evaluación de necesidades tecnológicas específicas, no obstante persiste la necesidad de conocimientos técnicos en diferentes campos incluyendo socio-económicos, evaluación económica de recursos naturales, además de los concerniente a inventario de biodiversidad, ingeniería, evaluaciones de impacto ambiental, desarrollo de software y modelaciones computacionales que son críticos para evaluaciones de impactos de vulnerabilidad y adaptación, por ello existe la necesidad de construir capacidades sobre una base sustentable y para proveer los requerimientos en todos los sectores.

Es importante señalar que las tecnologías ambientalmente sanas y los conocimientos en el contexto de cambio climático, pueden ser de dos tipos:

- a) Tecnologías de mitigación para reducir emisiones por fuentes o para aumentar remoción por sumideros de GEI.
- b) Tecnologías de adaptación para reducir los impactos adversos del cambio climático.

La transferencia de tecnología puede ser resumida acorde a los diferentes participantes en el proceso, lo que no implica directamente un enlace interno entre el proveedor y el consumidor (recipiente), la tabla que se presenta a continuación refleja los pasos en este proceso.

TABLA 2.9: ASPECTOS PARA PROCESO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

| PROVEEDOR | CONSUMIDOR / RECIPIENTE |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Investigación y desarrollo. | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Crear conocimiento de las necesidades para tecnologías ambientalmente sanas. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Desarrollar capacidades para la adopción de tecnologías ambientalmente sanas. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Demostraciones. | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Evaluar opciones tecnológicas. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Implementación proyecto o comercialización de tecnología. | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Implementación y operación tecnológica. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de retroalimentación. | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Análisis de rendimientos tecnológicos. |

Fuente: Elaboración propia

La implementación del proceso descrito convoca al involucramiento y compromiso de diferentes actores entre los que debe mencionarse al gobierno, al sector privado, instituciones financieras multilaterales, organizaciones internacionales, consumidores y

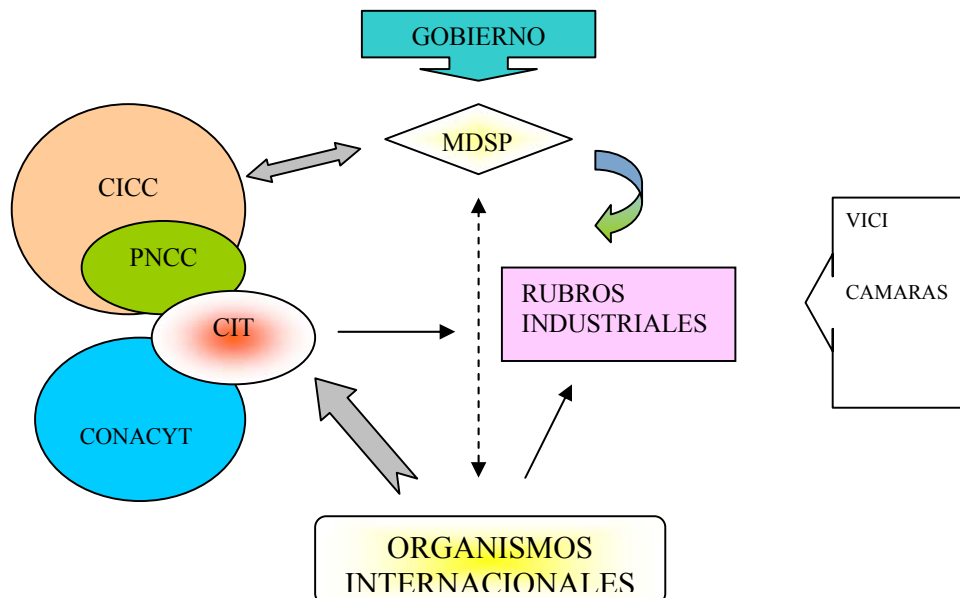
organizaciones no gubernamentales, los que dependen de las diferentes condiciones para estar disponibles y facilitar la adopción e implementación de tecnologías ambientalmente sanas.

8. CONSENSO EN NIVELES GUBERNAMENTAL, INSTITUCIONES PÚBLICAS, ACADÉMICAS Y PRIVADAS

Para lograr el mencionado consenso es imprescindible rescatar la conformación del Consejo Interinstitucional del Cambio Climático (CICCC), instancia que permitirá asesorar a las autoridades competentes y articular las acciones y los recursos necesarios que se asignen para la investigación y el desarrollo de conocimientos vinculados con la producción más limpia para el cambio climático (transferencia tecnológica) y su relación con la problemática de la contaminación y la preservación del entorno humano. En esta instancia se podrán efectuar análisis de los temas vinculados con la tecnología y abordar un intercambio de conocimientos, para luego transferirlos a la comunidad por medio de la implementación de programas en los que se resalten la importancia de adquirir la adecuada coordinación de la política científica con las políticas sectoriales y la participación consensuada de los distintos actores sociales participantes.

Desde la perspectiva de los diferentes actores y con el soporte del intercambio de opiniones, se coincide que los aspectos que se describen a continuación (Fig. 2.3), permitirán alcanzar niveles de elevados consensos sobre el tema que se aborda en el presente trabajo entre las diferentes instituciones..

FIGURA 2.3: ESQUEMA PARA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA



CIT: Centro de Investigación Tecnológica

Fuente: Elaboración propia

8.1. NECESIDADES DE FORMACIÓN DE CAPACIDADES

La formación de personal técnico, infraestructura y laboratorios en el análisis de tecnologías avanzadas en términos ambientales son requisitos básicos para lograr un desarrollo y una mejor calidad de vida. Es importante que la creación de capacidades no se centre en aspectos de transferencia de tecnologías duras, es decir, aceptar tecnologías que probablemente no se adapten a las condiciones en las que se trabajan, sino también en las llamadas tecnologías blandas que permiten la adecuación a las circunstancias en que pueden funcionar; así como también el entrenamiento ya que de él depende el éxito que tenga la implantación de nuevas tecnologías.

Las principales necesidades de construcción de capacidades identificadas, incluyen:

- Preparación de los recursos humanos especializados, que provean soporte a oficinas gubernamentales encargadas de las relaciones económicas internacionales en lo relacionado a la materia de protección ambiental.
- Preparación de recursos humanos para la formulación de políticas de transferencia de tecnología.
- Preparación de recursos humanos para la evaluación, adaptación, desarrollo y manejo de transferencia de tecnología.
- Desarrollar mayores políticas gubernamentales específicas, como buenas guías sobre transferencia tecnológica para los sectores productivos, instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil.
- Mejorar el acceso a la red de información internacional para investigación, desarrollo y aplicación de tecnología ambiental.
- Aumentar la red de información local sobre desarrollo tecnológico, aplicación y uso, para aumentar el conocimiento de opciones de tecnología disponible que encuentran los requerimientos específicos de los sectores productivos.

El soporte para desarrollo, adaptación y adopción de tecnologías en Bolivia debe ser provista necesariamente por las universidades públicas y, si hubieran, centros de investigación con la participación de grupos multidisciplinarios y consolidados para progresos tecnológicos.

8.2. ELEMENTOS PARA SATISFACER TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

1. Adopción de políticas corporativas y guías para manejo ambiental, estableciendo criterios ambientales que faciliten la transferencia de tecnología.
2. Asegurar cumplimiento con estándares ambientales y adecuar control de riesgo ambiental.
3. Harmonizar económica y ambientalmente metas de cooperación tecnológica.

4. Manejar cooperación tecnológica como un proceso que redituara en el mediano plazo beneficios tanto económicos como ambientales.

8.3. MECANISMOS PARA VIABILIZAR LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Debe considerarse que en el sector industrial una parte muy importante de las empresas nacionales son Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES), donde gran parte de los procesos de producción son intensivos en mano de obra y con un bajo componente tecnológico.

Asimismo, dado el marco normativo e institucional reinante, todavía no existe una aplicación plena de la normativa, por lo tanto, las empresas todavía no se constituyen en una demanda de bienes y servicios en materia de tecnologías limpias, es decir, que aún no existe una demanda potencial. Por lo tanto, en la medida que el marco normativo ambiental (políticas, reglamentos, normas e institucionalidad) sea definido completamente y exista una aplicación plena, los mercados de bienes y servicios de tecnologías limpias serían potenciados y dinamizados, ya que mientras la demanda aumente, se incentivará y ampliará la oferta tecnológica con precios que se ajusten a las reglas propias del mercado.

Dentro del marco de la política del Gobierno, la transferencia tecnológica tendría que llevarse a cabo fundamentalmente mediante mecanismos de mercado, sin embargo, el gobierno deberá jugar un papel facilitador de ese proceso, apoyando en la identificación de las barreras y las acciones encaminadas a superarlas y, dentro de éstas, asumir aquéllas que le competen (marcos normativos, sensibilización, información). Vale la pena aclarar además, que existen barreras para la transferencia tecnológica que se escapan del ámbito nacional y cuya superación demanda del concurso de otros actores (fabricantes, inversionistas, etc).

8.4. MARCO PARA LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

MARCO INSTITUCIONAL:

Tradicionalmente el tema “Ciencia y Tecnología” no ha tenido la prioridad requerida dentro de la agenda política nacional, lo que puede constatarse en los exiguos presupuestos asignados al tema, así como en el poco impulso a una política de ciencia y tecnología.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), institución adscrita al Ministerio de Educación, constituye la autoridad superior en materia de política científica y tecnológica, y tiene por objeto formular y dirigir dicha política orientada al desarrollo económico y social del país.

Diagnósticos llevados a cabo en el país establecen que el engranaje institucional es muy débil y carece de los instrumentos fundamentales que permitan mejorar la gestión y

articulación entre el aparato estatal, universidades, institutos tecnológicos, gremios profesionales, empresa privada y sistema educativo. Adicionalmente, estas instituciones presentan una gran debilidad en infraestructura de investigación y no existen especialidades en campos fundamentales de ciencia y tecnología. Los mecanismos de enlace universidad-empresa son débiles o inexistentes, la formación universitaria está divorciada del entorno nacional (mercado) y de las tendencias mundiales. La empresa privada no invierte en ciencia y tecnología y, tradicionalmente, ha preferido la importación de tecnología por lo que Bolivia se ha caracterizado por ser un país netamente importador.

9. IDENTIFICACIÓN DE INFORMACIÓN

Los tiempos que vive actualmente el país son una dura prueba de la capacidad que se tiene en Bolivia y de las instituciones, fundamentalmente en lo relacionado a la generación de información, de manera que permita superar los tiempos difíciles y poder responder con mayor efectividad a las necesidades del momento y a los requerimientos del futuro. La información se constituye en el pilar fundamental para el desarrollo de cualquier actividad, por ello surge la necesidad de impulsar el mejoramiento de la capacidad de producción nacional de información y particularmente de aquella que realizan las universidades como es la investigación, la que permite una renovación constante del conocimiento, conformando una plataforma indispensable para el tipo de estudios como el presente.

Esta primera labor de identificación de tecnologías del cambio climático debe ir acompañada de una evaluación tecnológica, dirigida principalmente a estimar el impacto potencial de la introducción de una nueva tecnología que pueda tener sobre la sociedad. Adicionalmente esta evaluación va a permitir:

1. Reforzar la posición de los tomadores de decisión política con respecto a una tecnología en particular, al aumentar su base de información sobre el desarrollo científico y tecnológico.
2. Apoyar a las políticas de corto y mediano plazo de los gobiernos, proporcionando las bases de reflexión a partir de opciones, resultados de análisis y legitimidad.
3. Contribuir al desarrollo de políticas de largo plazo, facilitando información sobre las posibles tendencias y posibilidades existentes.
4. Dar alertas oportunas y en las etapas más tempranas sobre los problemas potenciales y los efectos no deseables del desarrollo tecnológico.
5. Formular, desarrollar y seguir las aplicaciones tecnológicas ambientalmente aceptables.
6. Conseguir por parte de la comunidad de científicos, la aceptación de tecnologías útiles para el medio.

Este análisis permite asegurar, que bajo la perspectiva de una evaluación constante, se puede proporcionar lineamientos de acción oportunos tanto para las empresas como para quienes toman decisiones en el sector industrial. Por otra parte, las estructuras de tecnologías limpias y los procesos industriales que resultan de soluciones sistemáticas y de ideas nuevas para tecnologías de aplicación en pequeña escala se combinan con las perspectivas sociales, lo que orienta a la tecnología y a la sociedad hacia el desarrollo sostenible.

9.1.FUENTES DE INFORMACIÓN

Las transformaciones ocurridas en la economía mundial han puesto en evidencia la estrecha relación entre el desarrollo tecnológico, transformación productiva y competitividad internacional, es decir, que la tecnología y sus aplicaciones están estrechamente vinculadas.

Los aspectos inherentes a la tecnología en el ámbito nacional no están aún bien comprendidos; por lo que se deben realizar los mayores esfuerzos para que se pueda comprender mejor como se debe generar la información (sistematizar) a partir de la experiencia en las actividades de producción.

Para el tema específico, las fuentes de información detectadas para la identificación de tecnologías del cambio climático en el rubro industrial son bastante escasas, entre las que se pueden citar en primer término las propias factorías como elemento determinante, cámaras departamentales de industrias que cuentan con registros parciales de la parte tecnológica de los afiliados a esta entidad. Además, se cuenta con las instituciones públicas encargadas del control ambiental (Ministerio, prefecturas y alcaldías con sus respectivas unidades ambientales); entidades académicas tal como las universidades, academia de ciencia, institutos y organizaciones no gubernamentales, entre otras. Debe mencionarse que las herramientas del internet favorecen ampliamente al desarrollo de mayores conocimientos sobre los avances científicos y tecnológicos que se llevan a cabo en centros de investigación de países más adelantados.

9.2 PROVEEDORES DE EQUIPOS

En las circunstancias nacionales existen varias compañías que se dedican a la importación de equipos en general para la industria, concentradas principalmente en la ciudad de Santa Cruz donde se encuentran alrededor de 15 empresas, destacándose por su especialidad las siguientes:

- Maquelect Import export, comercializa maquinaria industrial importada en general. Se encuentra ubicada en la Av. Paraguá # 132 – Santa Cruz.
- AG Specialities S.A, comercializa equipos industriales importados, con especial atención a los rubros aceiteros. Se encuentra ubicada en la calle Potosí # 527 – Santa Cruz.

- Burner Service Boliviana Ltda., fabricantes de calderas de vapor y agua caliente, quemadores a gas natural, diesel, válvulas de seguridad, repuestos en general. Se encuentra ubicada en la calle Nicaragua # 1846 – La Paz.
- Agencia Skobol S.A, comercializa maquinaria agroindustrial y repuestos para maquinarias. Su establecimiento se encuentra sobre la carretera al norte Km 4 – Santa Cruz.
- Ingprocon Lorini S.R.L., empresa dedicada a la fabricación de calderas de vapor/agua caliente, quemadores gas natural-diesel, intercambiadores de calor, accesorios para calderas y otros. Contactos Av. 20 de octubre # 2608 – La Paz.
- Boinco Ltda., comercializa material importado para la industria y realiza el servicio de evaluación técnica de equipos en la industria. Sus instalaciones se encuentran en la calle sucre # 144 – Santa Cruz.
- STI Servicios Técnicos e Importaciones Ltda., empresa que importa equipos industriales, especialmente calderas y calentadores instantáneas de agua para gas natural y GLP. La dirección de la empresa es calle Loayza # 349, of. 203 – La Paz.
- Maquimport Santa Cruz, realiza venta de maquinaria industrial y presta el servicio de asesoramiento técnico para la implementación. Se encuentra ubicada en la calle independencia # 502 esq. Manuel ignacio Salvatierra – Santa Cruz.
- MAIGI Therm, realiza ventas de equipos industriales, hornos industriales y maquinaria pesada industrial en general. Se encuentra en calle sucre # 811 esq. Pichincha – La Paz.

En el ámbito internacional se cuenta para cualquier consulta con la asociación de Iniciativas Tecnológicas para el Clima (CTI), entidad que aglutina a varias compañías que desarrollan diferentes tecnologías en diversos países. A continuación, se detallan algunas:

- CADDET, compañía que colecciona, analiza y aumenta el intercambio internacional de información imparcial sobre tecnologías nuevas, costos efectivos, ahorros de energía que tienen bien demostrados en aplicaciones en la industria.
- IEA GREENTIE, es una empresa de red de trabajo que incluye sobre 7,700 organizaciones envueltas en el mundo con tecnologías de mitigación de GEI's, suministra detalles de tecnologías, equipamiento, datos y literatura; su red de trabajo son combustibles fósiles, energías renovables, procesos industriales.
- ICA, es una organización de industrias orientada a promover la combinación de energía y calor, con énfasis en la producción de energía limpia como una solución a los desafíos del cambio climático alrededor del mundo.
- VAMAS, entidad dedicada a soportar de productos de alta tecnología, a través de la colaboración de proyectos internacionales dirigidos a proveer las bases técnicas. Los alcances de la colaboración abarcan todos los aspectos

acordados de ciencia y tecnología concernientes con materiales avanzados, incluyendo tecnología de materiales.

CAPÍTULO IV

1. IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EL SECTOR FORESTAL Y CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA

El establecimiento de tecnologías de desarrollo limpio en el sector forestal para mitigar los gases de efecto invernadero (GEI) y por lo tanto atenuar el cambio climático, pueden realizarse a través de procesos de creación propia de tecnologías y/o transferencia de tecnologías del sector forestal de otros países, las cuales proporcionarían oportunidades significativas para ayudar a disminuir los efectos sobre el cambio climático mundial, proporcionar beneficios sociales y económicos e incorporar procesos de desarrollo sostenible.

El proceso de transferencia o de creación de tecnologías de desarrollo limpio en el sector forestal y de cambio en el uso del tierra debe establecerse sobre la base de un diagnóstico situacional actual y de las posibles emisiones, así como también establecer las potencialidades de reducción de emisiones a través de la incorporación de estrategias en el sector forestal y de cambio de uso de la tierra, que promuevan opciones de mitigación y aporten con prácticas apropiadas para reducir emisiones de GEI, propiciando el desarrollo e incremento de sumideros a través de la puesta en práctica de sistemas silviculturales y de manejo forestal, adecuadas tecnologías de aprovechamiento e industrialización forestal.

Se considera que el aporte tecnológico puede constituirse en un mecanismo extremadamente importante para propiciar la mitigación en el sector forestal y el cambio de uso de la tierra, lo que requiere a su vez de un proceso de solución a las diferentes barreras que obstaculizan la transferencia o creación de tecnología apropiada especialmente en cuanto a los altos costos de éstas tecnologías, el establecimiento o mejoramiento de estructuras institucionales y la realización de capacitación e información, que posibiliten el desarrollo tecnológico forestal, y que se oriente a la necesidad de disminuir la emisión de GEI, promoviendo, en la práctica, el mejoramiento de actividades en los bosques para que contribuyan al mejoramiento, eficiencia y optimización del sector forestal.

A nivel mundial, la FAO (1990) señala que los bosques cubren aproximadamente 3.443 millones de hectáreas, es decir, un 27 por ciento de la superficie del planeta. El IPCC (2000), indica citando a la FAO (1995), que aproximadamente se estima en 1.750 millones de hectáreas la presencia de bosques tropicales con una biomasa de 297 x 10⁹ t (67.5 por ciento del total de la biomasa forestal). En Bolivia, el MDSMA 1995, indica la existencia de una cobertura de 53.4 millones de hectáreas de bosques, o sea, aproximadamente el 48 por ciento de la superficie territorial del país.

En el estudio de la Estrategia Nacional de Participación de Bolivia en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto, el Programa Nacional de Cambios Climáticos (PNCC 2001) menciona que las actividades relacionadas al cambio en el uso de la tierra y actividades forestales son responsables del 82.8 por ciento de las emisiones de CO₂ de Bolivia (1994) y que el 97.7 por ciento del potencial de mitigación de CO₂ de Bolivia está en este sector. El estudio del PNCC (2001) identifica un potencial de mitigación en el sector LULUCF en promedio de 73.5 millones de t de CO₂/año, mientras que el potencial en el sector energético en promedio es de 1.8 millones de t de CO₂/año.

Los bosques almacenan enormes cantidades de carbono, el IPCC 2000, mencionando a Brown et al (1996), considera que existen 330 Gt de carbono en la biomasa de la vegetación viva y muerta y 660 Gt carbono en el suelo. Además, sostiene que una gran cantidad de carbono es almacenado en los productos de madera. El IPCC 2000 mencionando al IPCC 1995, señala que se estima que en las altas y medianas latitudes se almacena aproximadamente 0.5 a 0.9 Gt de carbono anualmente, en las bajas latitudes o bosques tropicales se estima un almacenamiento neto de carbono de 1.1 a 2.1 Gt anuales, la mayor parte debido a la compensación de la extracción y la degradación (IPCC 1996).

El IPCC (2000), sostiene que los bosques son a la vez una fuente de emisiones y también un potencial de mitigación donde se estima un rango global de 60 – 87 Gt de carbono durante 50 años (1990 a 2040), mediante la conservación de bosques (deforestación lenta), forestación y opciones de regeneración y agroforestería. Los bosques tropicales aportan con un potencial de mitigación de 45 – 72 Gt de carbono (Brown et al 1996, citado por IPCC 2000).

Otro aspecto fundamental de los bosques, es que puede sustituir a los combustibles fósiles en general y propiciar a través de su característica de recurso natural renovable, el desarrollo forestal sostenible. El MDSP (2000), señala citando a OIMT 1998, que las emisiones mundiales de CO₂ alcanzan 6.600 millones de t. Considerando que en Bolivia, las emisiones del sector forestal alcanzan a 38.61 millones de t de CO₂, es decir que sólo representa el 0.58 por ciento de las emisiones mundiales.

Los resultados de aplicación de tecnologías de desarrollo limpio en Bolivia pueden reducir emisiones, además de establecer numerosas ventajas en la optimización de procedimientos en el manejo sostenible de los bosques, en las actividades de aprovechamiento e industrialización forestal. Fundamentalmente en el marco de beneficios colaterales que atañan a las poblaciones locales, se intenta propiciar un mejoramiento de los niveles de empleo, de los niveles de vida, mantenimiento de los ecosistemas naturales, conservación de la biodiversidad y desarrollo sostenible.

2. DIAGNÓSTICO DEL SECTOR FORESTAL

Para el diagnóstico del sector forestal en relación al desarrollo de tecnologías limpias, se toman en cuenta las actividades de silvicultura y el manejo de bosques, el aprovechamiento forestal, la industrialización forestal y las actividades en áreas protegidas, así como trabajos que actualmente se desarrollan en zonas forestales de

Bolivia, a modo de establecer en ellos los procesos tecnológicos actuales que en cada una de las actividades tiene particular relevancia, para que en el marco de los nuevos conceptos de tecnologías de desarrollo limpio, se puedan proponer las modificaciones que permitan contribuir a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

Para el análisis evaluativo se puede establecer la utilización de diferentes parámetros, entre ellos la comparación entre los diferentes tipos de usuarios forestales, agrupados bajo las siguientes formas: a) empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar y propietarios privados con tierras - bosques en concesiones forestales; b) comunidades campesinas - colonizadores y pobladores rurales; c) comunidades indígenas; d) actividades en áreas protegidas, en relación a regiones ecológicas - fisiográficas.

Para desarrollar el análisis y la evaluación de las actividades que se realizan en los bosques y en las industrias se han tomado en cuenta criterios regionales y ecológicos señalados por Unzueta et al (1975), de acuerdo al mapa ecológico generalizado de Bolivia (Fig. 1), en base a tres regiones latitudinales (tropical, subtropical y templado) presentes en el territorio nacional, combinadas con divisiones fisiográficas mayores (volcánica - complejo montañoso, altiplánica, serranías altas, terrazas altas disectadas, llanura aluvial, mesetas de relieve ondulado, llanura aluvial suavemente ondulada, llanura aluvial con campos de arena), así como también los diferentes pisos altitudinales (basal, pre-montano, montano bajo, montano). En el marco de estas grandes divisiones se han considerado los tipos de bosques existentes en las diferentes zonas de vida.

Holdridge (1978), establece que la zona de vida es una unidad bioclimática, que se determina por rangos cuantitativos de biotemperatura media anual, por precipitación total anual y por la relación de evapotranspiración potencial. Unzueta et al (1975) y Tosi (1975), así como otros autores señalan que el conjunto de las variables bioclimáticas aplicadas establecen las siguientes regiones (Fig. 3.1):

- Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas.
- Región subtropical y templada tierras de yungas y valles.
- Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano).

2.1 SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

Goitia (2000) indica que la silvicultura es la parte técnica forestal orientada al establecimiento, desarrollo, cuidado y reproducción de los bosques. Mankin (1998), menciona que la ordenación forestal sostenible o manejo sostenible de los bosques, según la definición propuesta por la OIMT es el proceso de manejar tierras forestales permanentes para lograr uno o más objetivos de ordenación claramente definidos con respecto a la producción de un flujo continuo de productos y servicios forestales deseados, sin reducir indebidamente sus valores inherentes ni su productividad futura y sin causar indebidamente ningún efecto indeseable en el entorno físico y social.

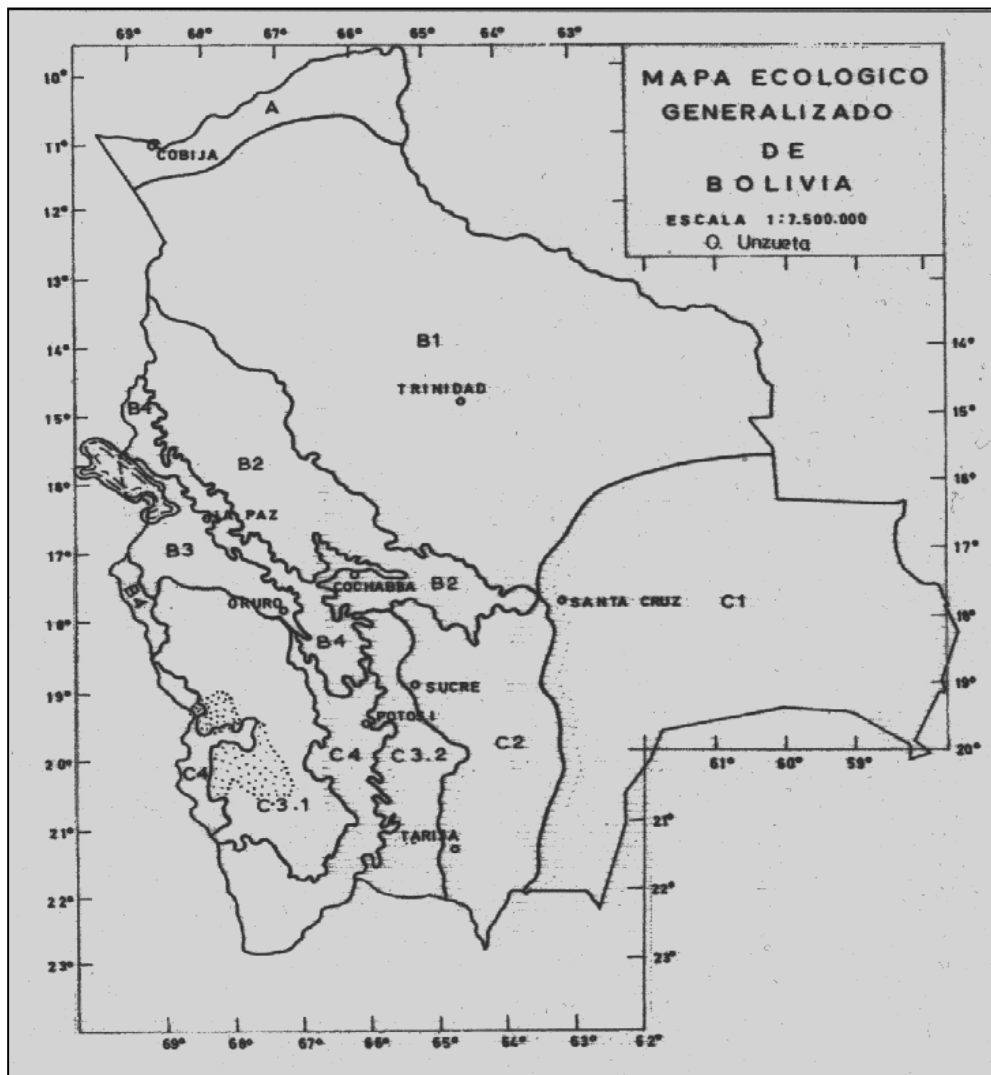
Entre las características de la ordenación forestal sostenible en el manejo del bosque, se pueden considerar, según Mankin (1998):

- Mantener las funciones ecológicas, los procesos y la estructura general del bosque en una condición sana a perpetuidad.
- No provocar la degradación de los suelos ni de la calidad del agua.
- No producir consecuencias o pérdidas irreversibles de la diversidad biológica, inclusive genes, especies, ecosistemas y tipos de bosques (es decir no provocar su extinción).
- Se aplica a todo el bosque como un conjunto ecológico integral en lugar de concentrarse en un componente o producto específico del mismo.
- Puede ser activo o pasivo y no requiere necesariamente la extracción o recolección de productos específicos del bosque.
- Se puede aplicar a todas las áreas de manejo, cualquiera sea su tamaño o escala.
- Puede producir una gran diversidad de beneficios, ambientales, sociales y económicos para la sociedad, según la escala del área de manejo y su capacidad y potencial productivo.

En el marco de la silvicultura y el manejo de bosques, la evaluación efectuada se realizó en base a información bibliográfica, a entrevistas realizadas a especialistas y usuarios del bosque y a observaciones establecidas en diferentes lugares y períodos de tiempos. En cada una de las regiones se ha establecido el trabajo de los diferentes usuarios forestales o actividades realizadas en tres etapas:

- Actividades silviculturales previas a la intervención del aprovechamiento forestal.
- Actividades silviculturales simultáneas al aprovechamiento forestal.
- Actividades silviculturales posteriores al aprovechamiento forestal.

Fig. 3.1 Mapa ecológico generalizado de Bolivia



REFERENCIAS

A. REGIÓN TROPICAL

A1. Región tropical de tierras bajas

B. REGIÓN SUBTROPICAL

B1. Región subtropical de tierras bajas

B2. Región subtropical de tierras de valles

C. REGIÓN TEMPLADA

C1. Región templada de tierras bajas

C2. Región templada de tierras de valles

C3. Región templada de tierras altas

C4. Región templada Andina

Fuente: Unzueta 1975.

a) Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas

La región tropical y subtropical constituye aproximadamente el 30 por ciento de la superficie total de Bolivia, donde se encuentra el 10 por ciento de la población rural y que ha dado lugar a una diversidad de formas de explotación de los recursos forestales. Los bosques son de características primarias, donde los aprovechamientos iniciales no provocaron efectos importantes por los volúmenes poco significativos. Las técnicas aplicadas posteriormente en el aprovechamiento forestal, sin los adecuados procesos de restitución de la vegetación extraída y/o destruida, han generado significativas alteraciones en los aspectos silviculturales y de manejo forestal de los bosques. A nivel nacional la región tropical y subtropical ocupan los departamentos de Pando, Beni, norte de La Paz, parte nor - este de Cochabamba y parte de Santa Cruz.

La región templada de tierras bajas está ubicada en la región latitudinal templado, ubicadas en las provincias de humedad: húmedo, sub-húmedo y semi-árido, desde el punto de vista fisiográfico forma tres grandes paisajes. A nivel del país ocupa los departamentos de Santa Cruz , Tarija y Chuquisaca.

a.1 Región tropical, subtropical y templada en relación a empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar, propietarios privados con tierras - bosques en concesiones forestales.

Las tecnologías utilizadas en aspectos de silvicultura y manejo de bosques corresponden al sistema de aprovechamiento selectivo de las especies forestales de mayor valor, tanto por sus características tecnológicas como por su acreditación de uso a nivel del mercado nacional e internacional.

En las actividades silviculturales previas a la intervención del aprovechamiento forestal se han tomado en cuenta aspectos establecidos en las normas actuales pertinentes (Resoluciones Ministeriales del MDSMA 62; 130; 132; 133; 134 de 1997), especialmente la preparación del plan de manejo forestal y los inventarios forestales totales por unidades de manejo. De acuerdo al plan de manejo forestal, en donde se establece el seguimiento de las siguientes características:

- Localización y delimitación geo-referenciada del área de bosques.
- Estratificación de los tipos de bosques en base a fotografías aéreas y/o imágenes de satélite.
- Inventario forestal, estableciendo muestreo de campo, con determinación de los tipos de especies forestales, número de árboles por hectárea, volumen de las especies forestales por hectárea, área basal de especies forestales por hectárea.
- Evaluación general de la regeneración natural a nivel de muestreos en el área total de los bosques delimitados.

- Elaboración del plan de manejo forestal que establece el turno de corta y el número y características de las unidades de manejo forestal anual.
- Realización del inventario forestal total en cada una de las unidades de manejo forestales anuales, localizando las unidades de aprovechamiento forestal anual, ubicando y marcando los árboles a ser cortados.

En la práctica, las actividades señaladas son parte de los procesos de planificación del manejo forestal, sin embargo, en la generalidad de los casos ninguna actividad silvicultural práctica se incorpora realmente en la fase previa al corte de los árboles. Por otra parte, dentro de las actividades que actualmente se realizan, como la búsqueda de los árboles para ser aprovechados y las actividades preparatorias para el corte (limpieza del área cercana al árbol que se va a cortar, así como el corte de otros árboles que perjudican la caída del árbol seleccionado) provocan actualmente significativos daños al ecosistema natural, a la flora aledaña al área de corte, además de ocasionar impactos negativos sobre la fauna silvestre.

La evaluación de esta etapa y para este tipo de aprovechamiento concluye en que no se realizan actividades silviculturales operacionales propiamente dichas (como localización y protección de la regeneración natural, localización y protección de árboles semilleros, entre otras actividades) para propiciar la mitigación de impactos durante la mencionada fase y que, a la vez, influya en la menor emisión de gases de efecto invernadero en el contexto del desarrollo de tecnologías limpias.

En relación a posibles actividades silviculturales simultáneas al aprovechamiento forestal, en la práctica éstas tampoco se desarrollan por desconocimiento de la importancia que puedan tener en su manejo (como por ej. determinar especies cercanas al árbol que se van a cortar, especies que es preciso resguardar de los efectos de la caída, cuidados sobre la flora y fauna silvestre remanente, etc.). Las actividades silviculturales en esta etapa son más difíciles de realizarse, las que podrían enmarcarse en el contexto del corte o aprovechamiento de bajo impacto.

En las actividades silviculturales posteriores al aprovechamiento forestal, la mayor parte de los casos se proponen sistemas de regeneración natural que involucran simplemente la respuesta natural del ecosistema para recuperar el efecto de la intervención y el impacto ocasionado. Los sistemas de regeneración natural involucran el área intervenida por el corte, donde se ha garantizado que no sea afectada por actividad alguna hasta que a través del turno de corta se vuelva a la misma unidad en diferentes periodos de tiempo (10; 20; 30 ó más años). Otras intervenciones silviculturales que son realizadas, pero muy limitadas, son las de enriquecimiento forestal a través de plantaciones forestales de especies deseadas, regeneración natural inducida o plantaciones en general.

La mayor parte de los procesos silviculturales posteriores realizados por las empresas consideran solamente como tratamiento silvicultural el retornar a la misma área después del ciclo de corte establecido. Entre las actividades silviculturales posteriores al aprovechamiento forestal se pueden citar:

- Regeneración natural, al mantener el área sin intervención durante un período de tiempo. En éste proceso no se realiza ninguna inversión en el bosque.
- Para propiciar plantaciones forestales de enriquecimiento, esta actividad requiere el establecimiento de viveros forestales y la realización misma de plantaciones forestales en áreas previamente localizadas. En la actualidad, estos procesos se desarrollan de manera muy reducida.

En los procesos informales o ilegales de aprovechamiento forestal no existen actividades silviculturales en las fases previas, así como tampoco en las fases simultáneas, ni en las fases posteriores. Sin embargo, el corte selectivo que se realiza sobre árboles de especies valiosas genera sólo impactos reducidos a nivel del ecosistema forestal cercano, siempre y cuando el corte no haya sido significativo en especies y no existan nuevas intervenciones en la misma área. El impacto mayor se produce sobre la especie forestal y su permanencia en el bosque.

Los aprovechamientos forestales selectivos a altamente selectivos desarrollados a una mayor escala por las empresas provocan intervenciones mayores y constantes en el bosque, por lo que el desarrollo de los procesos silviculturales se complica para un área determinada, donde al margen de afectar a algunas especies en particular en su sostenibilidad, produce permanentes disturbios, inconvenientes para la aplicación de una ordenación forestal sostenible.

a.2 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a los campesinos - colonizadores (propiedades familiares y áreas de la comunidad) y poblaciones rurales

Los campesinos - colonizadores que han migrado de otras regiones del país realizando asentamientos en las tierras con bosques, por lo general desarrollan actividades agrícolas deforestando aproximadamente entre 1 a 2 hectáreas al año, las mismas que varían en función de sus necesidades, considerando que las hectáreas desboscadas pueden ser utilizadas hasta 3 años. En relación al aprovechamiento forestal, es necesario considerar dos aspectos: el aprovechamiento forestal de las áreas de desmonte y el corte de maderas de acuerdo a sus necesidades en las parcelas familiares de bosques.

En el primer caso, o sea en el aprovechamiento forestal de las áreas de desmonte (Resoluciones Ministeriales N° 130; 131 de 1997 del MDSMA), no existen actividades silviculturales previas, simultáneas ni posteriores, por cuanto los desmontes realizados son producto de prácticas de chaqueo y quema. Si bien como actividad primera puede existir aprovechamiento de ciertas especies forestales, las mismas no contemplan actividades silviculturales. Posteriormente al desarrollo de los cultivos agrícolas y cuando ha decaído la fertilidad del suelo, las áreas deforestadas se abandonan y se deja en estado de barbecho durante períodos de tiempo variables (5 ó más de 10 años), dependiendo de las necesidades de uso de las tierras por parte del campesino y/o colonizador.

El corte de maderas de acuerdo a necesidades que es realizado en cualquier lugar del bosque de la unidad familiar, no toma en cuenta actividades silviculturales. Ésto significa que se pueden generar impactos negativos sobre la permanencia de especies forestales en las áreas de bosques si es que no se introducen actividades silviculturales. Frente a lo mencionado, la Resolución Ministerial N° 132 de 1997 de MDSMA, propone sólo establecer la necesidad de actividades silviculturales sin mencionar cuáles son las actividades silviculturales en forma específica.

a.3 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a las comunidades indígenas

Las comunidades indígenas han desarrollado sistemas de habilitación de tierras con bosques para agricultura de magnitud reducida, por lo que se considera que los impactos son mínimos cuando se trata de superficies pequeñas. Sin embargo, desde el criterio silvicultural no se realizan las actividades previas, simultáneas y posteriores, necesarias para el mantenimiento de las especies del bosques, la actitud actual al respecto es dejar el área desmontada bajo regeneración natural. La Resolución Ministerial 137 de 1997 del MDSMA, dispone la necesidad de realizar actividades silviculturales, las que no detallan mayores especificaciones al respecto.

a.4 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a las actividades en áreas protegidas.

No se realizan actividades silviculturales en las áreas protegidas, sin embargo debería ser fundamental la reposición o restitución de la vegetación de áreas afectadas por diferentes tipos de disturbios y afectaciones, así como también realizar investigaciones silviculturales y sobre todo considerar el establecimiento de árboles semilleros en términos del mantenimiento del germoplasma de las especies forestales.

b) Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles

En la región denominada yungas y/o faja subandina que es un área de muy variada ecología, predominan en general áreas de climas muy húmedos hasta pluviales, combinado con suelos en fuertes pendientes, sometidos a procesos de remoción en masas y en consecuencia muy erosionables. Con excepción de áreas delimitadas y en muy pequeña cantidad, la mayor parte de esta extensa región presenta alternativas como bosques de protección y bosques de producción de maderas, así como de la extracción de productos forestales no maderables.

La faja subandina se extiende desde la frontera con el Perú hasta las proximidades de la ciudad de Santa Cruz, con un ancho promedio de 200 Km. Los sectores de los yungas de La Paz, están densamente poblados e intensamente explotados. Esta región con un 14 por ciento del área total, soporta una población del 30 por ciento de la población rural del país. Además, se ha establecido que la región de los yungas desde épocas pre-hispánicas ha sido explotada en distintas formas y grados de intensidad por su cercanía y accesibilidad a los centros poblados del altiplano. (Unzueta et al, 1975)

La colonización tanto espontánea como dirigida, se ha realizado en suelos predominantemente erosionables y con fuertes pendientes, con pequeñas excepciones. Los cultivos sobre éstos tipos de suelos, después de procesos de chaqueo y quema, tienen bajo rendimiento y conducen con el tiempo a una severa degradación del horizonte superficial. Unzueta et al 1975, señalan que para propósitos de colonización, el desbosque sólo se justifica donde los suelos son aptos para agricultura y ganadería, pero que de acuerdo a los niveles de precipitación, las pendientes y la aptitud del suelo en la región, la agricultura y ganadería se sustentan a niveles de bajo rendimiento y con factores limitantes, provocando con los niveles de cambio de uso del suelo la desaparición de bosques, especies forestales e impactos negativos sobre la biodiversidad.

La región templada de tierras de valles se encuentra en las vertientes orientales de los Andes, en el sector sur central del país. Unzueta et al 1975, mencionan que en esta región se encuentran formaciones húmedas y secas. Los problemas de manejo resultan de los siguientes factores: Exceso de humedad en gran parte del área, aridez en algunos sectores y topografía abrupta y relieve pronunciado en casi la generalidad del área. Las precipitaciones ocasionan procesos de remoción en masa en zonas de fuertes pendientes.

Cuando los suelos, son despojados de su vegetación natural y se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas, los procesos de erosión se pueden acelerar en función de los excesos de sobre-utilización de los suelos. Los bosques de estas formaciones naturales tienen un adecuado potencial para diferentes usos, pero en gran parte han sido sobre explotados, afectando inclusive la potencialidad de la regeneración natural para reconstituir la vegetación natural.

b.1 Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles en relación a empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar y propiedades privadas.

En los sectores tropicales y subtropicales de las tierras de yungas, las empresas forestales en relación a las actividades silviculturales en las fases previas realizan la localización de árboles a ser cortados en áreas de colonias o comunidades de campesinos - colonizadores, con las cuales desarrollan convenios para que a cambio de construcción de camino y/o construcción de escuelas o postas médicas, puedan cortar árboles. En muchos casos, las empresas en estas regiones establecen los aserraderos en las colonias o en sus cercanías. Actividades silviculturales simultáneas no se desarrollan de manera específica, en cuanto a las actividades silviculturales posteriores, por lo que es necesario considerar los establecimientos de viveros forestales como mecanismos de reposición forestal, los mismos que se han realizado de manera parcial sin la continuidad esperada.

Las agrupaciones sociales del lugar (ASLs) como nuevos usuarios del bosque, conforman un conjunto de la población rural, reunida en base de un objetivo de generar el aprovechamiento del bosque que beneficie a los propios lugareños. Sin embargo, la reducida capacidad económica de las ASLs condiciona a realizar contratos con empresas madereras para efectuar un aprovechamiento forestal conjunto, lo que implica que las actividades forestales se realicen en el marco de empresas forestales. Las agrupaciones sociales del lugar para la región de los yungas están en proceso de formación. Las

propiedades privadas de bosques se realizan en el marco de actividades de pequeñas empresas.

b.2 Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles en relación a las comunidades campesinas - colonizadores y pobladores rurales.

En las regiones subtropicales de tierras de **yungas**, que son áreas con significativos procesos de colonización no se realizan actividades silviculturales previas, simultáneas y/o posteriores al aprovechamiento forestal, fundamentalmente porque son áreas donde los asentamientos humanos de familias de campesinos - colonizadores, cambian el uso natural de las tierras, estableciendo diferentes tipos de cultivos. Cuando estos procesos se realizan en lugares de fuertes pendientes ocasionan la erosión en laderas y frecuentes fenómenos de remoción de masas.

En los **valles**, donde la cobertura forestal se ha reducido debido al uso por necesidad de las familias campesinas y población rural en general para madera de construcción y biomasa para energía, existe interés en el desarrollo de plantaciones forestales, en consecuencia las actividades silviculturales previas, simultáneas y posteriores se llevan a cabo en función de los sistemas de manejo forestal utilizados. Entre las actividades reducidas que se desarrollan se pueden tomar en cuenta:

Fase previa:

- Localización de las áreas a ser reforestadas.
- Establecimiento de viveros.
- Determinación de las áreas de aprovechamiento.

Fase simultánea:

- Corte de árboles.

Fase posterior:

- Realización de las hoyaduras.
- Plantaciones.
- Cuidados posteriores.

b.3 Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles en relación a las comunidades indígenas

Las comunidades indígenas en la región de tierras de yungas están en proceso de consolidar tierras comunitarias de origen, el aprovechamiento ancestral de los bosques sólo se basaba en las necesidades mínimas de contar con madera para canoas, madera para construcciones y biomasa para energía. Actualmente su inserción en los procesos económicos sociales tienden a involucrar a las comunidades indígenas en procesos comerciales a nivel preliminar. Las actividades silviculturales previas, simultáneas y

posteriores no se identifican con precisión a este nivel. Sin embargo, considerando la existencia de la norma RM 136/97, podría establecerse la aplicación de ciertos aspectos (inventario forestal, plan de manejo forestal, plan operativo de silvicultura, etc.).

b.4 Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles en relación a actividades en áreas protegidas

En las áreas protegidas en la región subtropical y templada de tierras de yungas, las actividades se circunscriben al control de las mismas, sin embargo existen procesos de aprovechamiento ilegal de maderas, las mismas que no contemplan ninguna actividad silvicultural, que promueva la restitución de áreas afectadas.

c) Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano)

El altiplano es la región inter-montañosa situada entre las dos cordilleras oriental y occidental de los Andes, ubicada a una altura promedio de 4.000 m.s.n.m. Dentro de esta extensa región se presentan paisajes diversos entre los que cabe destacar los valles interandinos, planicies y depresiones con afloraciones salinas, mesetas, pendientes aluviales, abanicos y complejos coluvio-aluviales y volcánicos con predominio en el sector occidental y sur del altiplano.

El paisaje está conformado también por la presencia de valles profundos, cumbres cordilleranas, gran parte de ellas cubiertas de nieves perpetuas que dan lugar a la formación de grandes lagos glaciales y al nacimiento de numerosos ríos y arroyos. Debido al clima frío y sub-húmedo a árido y la lentitud en la recuperación de la fertilidad natural y la presión en el uso de la tierra por parte de los pobladores, existe un fuerte agotamiento de los recursos naturales.

Los problemas erosivos son de gravedad y dependen fundamentalmente de factores como clima, topografía, actividad humana y suelo. Paralelamente al proceso erosivo hay gran actividad humana en la explotación de la escasa vegetación leñosa existente en laderas y en los valles interandinos más secos. El sobrepastoreo que es generalizado en la región, ha reducido el crecimiento y densidad de pastos.

c.1 Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano) en relación a empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar y propietarios privados.

Considerando que la región del altiplano ha agotado sus recursos naturales, con mayor incidencia en especies leñosas, por intensa utilización de las mismas y sólo habiéndose realizado parcialmente plantaciones forestales generalmente con especies introducidas en ciertos lugares, las mismas no han posibilitado el establecimiento de industrias a través de empresas y agrupaciones sociales del lugar. Algunas actividades privadas y de comunidades campesinas en los valles inter-andinos han desarrollado prácticas de plantaciones forestales con el objetivo de cubrir la demanda de las minas.

Sin embargo, en la actualidad la crisis de la minería con el cierre de minas y la disminución de actividades, ha afectado la demanda de los productos maderables de plantaciones, generando una fuerte desorientación sobre las perspectivas del desarrollo de plantaciones en la región del altiplano y los valles interandinos. Se utiliza en mayor grado la especie *Eucalyptus globulus* por su utilización en postes, callapos. En este contexto las actividades silviculturales y de manejo forestal practicadas de manera limitada previas al aprovechamiento forestal son:

- Establecimiento de pequeños viveros forestales, para generar nuevas áreas de plantaciones.
- Determinación de zonas de plantación.
- Ejecución de plantaciones forestales.
- Determinación del área de corte.

Para actividades silviculturales simultáneas al aprovechamiento forestal se pueden considerar:

- El corte de los árboles.
- El troceado de los árboles en dimensiones requeridas.

En cuanto a las actividades posteriores al aprovechamiento forestal se pueden establecer las siguientes:

- Limpieza del área de corte.
- Utilización del proceso de rebrote o macollaje para la producción de las nuevas plantaciones.
- Colecta de frutos y semillas.

c.2 Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano) en relación a comunidades campesinas, comunidades indígenas y pobladores rurales.

Las comunidades campesinas se han incorporado de manera reducida a las actividades forestales en el altiplano, si bien las necesidades de leña para energía son importantes, los requerimientos con la perspectiva futura son mayores. En áreas delimitadas del altiplano y valles interandinos los campesinos han realizado las siguientes actividades silviculturales previas al aprovechamiento de plantaciones forestales:

- Determinación de necesidades y lugares a plantar.
- Establecimiento de pequeños viveros.

En las actividades simultáneas al aprovechamiento sólo se pueden indicar el corte de árboles y el tratamiento de limpieza y dimensionado de los troncos. Para las actividades posteriores al aprovechamiento forestal se consideran los siguientes aspectos:

- Mantenimiento del área con los tocones para el rebrote y/o macollaje.
- Plantación forestales de pequeñas de nuevas áreas.

c.3 Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano) en relación a actividades en áreas protegidas.

En las áreas protegidas de la región subtropical y templada en tierras altas (altiplano) las prácticas silviculturales y el manejo forestal no se realizan, por lo que se podría recomendar que en las áreas de amortiguamiento o áreas de influencia humana, se desarrollen actividades de recuperación de áreas degradadas sujetas a procesos de revegetación, en cuyo caso se pueden implementar actividades de silvicultura y manejo forestal, entre las cuales se tienen:

- Determinación de áreas degradadas para el establecimiento de revegetación.
- Establecimiento de viveros forestales para producción de especies forestales.
- Desarrollo de plantaciones forestales.
- Cuidados posteriores a la plantación.

Las actividades como posibles fuentes de emisión en el marco del desarrollo de trabajos silviculturales y de manejo forestal están dados por: Cortas para promover las actividades silviculturales, utilizando motosierras; Corta de vegetación leñosa en el marco de tratamientos silviculturales; y transporte de plantas de los lugares de producción a los lugares de plantación utilizando camiones. En todos estos casos se emiten dióxido de carbono y otros GEI.

2.2 APROVECHAMIENTO FORESTAL

El aprovechamiento forestal en los bosques de Bolivia posee diferencias en función a los tipos de usuarios y regiones donde se realizan actividades forestales productivas. Para el análisis de las características y diferencias de las formas de aprovechamiento en base a la situación actual se toman en cuenta las regiones bioclimáticas establecidas para la determinación de actividades silviculturales, en relación a los actores y/o actividades forestales que realizan labores de aprovechamiento forestal.

OIMT 1996 señala para Bolivia que aproximadamente 500.000 m₃ de madera son aprovechados anualmente. Considerando pérdidas en el aprovechamiento forestal, la utilización de sólo una parte del fuste del árbol, tocones de corte muy elevados, escasa

utilización de las ramas gruesas, pérdidas en el trozado de la madera, Goitia et al 1996, indican que el aprovechamiento forestal real en Bolivia podría alcanzar un millón de m³ al año.

Para el análisis del aprovechamiento forestal en Bolivia se ha tomado en cuenta la revisión de bibliografía, las entrevistas a usuarios del sector forestal, así como a profesionales del área forestal considerando, además, las observaciones de campo realizadas en diferentes regiones y en diferentes periodos de tiempo. Se han tomado en cuenta incluso, las regiones biogeográficas establecidas desde el inicio así como los diferentes actores o usuarios en el sector forestal y las diferentes actividades realizadas.

a) Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas.

a.1 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar y propietarios privados.

El aprovechamiento forestal en estas regiones tiene dos connotaciones fundamentales, la primera está relacionada al aprovechamiento forestal de manera selectiva en diferentes grados, en los bosques que cuentan con contratos, permisos y/o concesiones de aprovechamiento en donde no se realizan actividades de aprovechamiento de bajo impacto. La segunda se remite el aprovechamiento forestal en las áreas de desbosque en donde el cambio de uso de la tierra ha generado la habilitación de tierras agrícolas y/o ganaderas a través del corte de los bosques. En el aprovechamiento forestal selectivo en diferentes grados se pueden establecer la realización de las siguientes actividades:

Actividades previas al aprovechamiento forestal:

- Consolidación legal del área de concesión forestal en tierras fiscales, de las concesiones para agrupaciones sociales en las reservas forestales municipales y con permisos de aprovechamiento en tierras de propiedad privada con bosques.
- Realización del inventario y plan de manejo forestal, así como del inventario de las unidades anuales o censos.
- Establecimiento del plan anual operativo de aprovechamiento, según el área de aprovechamiento anual.
- Señalización de los árboles para ser cortados y de los árboles semilleros.

Actividades simultáneas al aprovechamiento forestal:

- Determinación del lugar de corte, dejando un tocón mayor a 50 cm. de altura.
- Corte de los árboles con utilización de motosierra.
- Desramado y trozado.

Actividades posteriores al aprovechamiento forestal:

- Traslado de las trozas mediante arrastre con tractor forestal hasta un lugar de acumulación de trozas cercano al camino denominado rodeo.
- Carguío de las trozas en camiones para su transporte hasta el aserradero y/o industria.

En cuanto al aprovechamiento forestal en áreas de desmonte, sobre procesos realizados por la agro-industria, las empresas forestales aprovechan una mínima parte del volumen de árboles tumbados, la mayor parte de los árboles y la vegetación cortada, son apilados y quemados. Esta actividad ligada a la habilitación de tierras para agricultura, forma parte del concepto del cambio de uso de la tierra y que en términos de aprovechamiento forestal sólo resalta las actividades de corte de la biomasa leñosa y la utilización de parte de la misma para diferentes industrias forestales.

Los aserraderos pueden utilizar la biomasa forestal para producir maderas aserradas para construcción las industrias de paneles para la fabricación de tableros de partículas, entre otros aspectos.

a.2 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a comunidades campesinas - colonizadores y pobladores rurales.

Los campesinos - colonizadores en las regiones de bosques realizan un aprovechamiento de árboles de acuerdo a sus necesidades por una parte, propiciando el corte de los árboles, así como el aserrado del mismo con motosierra y, por otra parte, de acuerdo a las posibilidades de comercialización con empresas, para este último caso las actividades que se realizan son:

Actividades previas al aprovechamiento forestal:

- Determinación de las especies a ser cortadas en el bosque del predio del colono.
- Establecimiento de los volúmenes correspondientes.

Actividades simultáneas al aprovechamiento forestal:

- Corte de los árboles.
- Desramado y trozado de los árboles.

Actividades posteriores al aprovechamiento forestal:

- Extracción de las trozas.

a.3 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a comunidades indígenas.

Las comunidades indígenas en los territorios comunitarios de origen (TCOs) en cuanto al aprovechamiento forestal, mantienen una característica relacionada al aprovechamiento de árboles a nivel de sólo necesidades para vivienda, canoas y madera para energía. Para el caso de actividades de aprovechamiento industrial en TCOs, las mismas se enmarcan en procesos similares a los desarrollados por las empresas en concesiones forestales, con la diferencia de que las cantidades en volúmenes que se aprovechan en las TCOs son menores.

En muchos casos se producen cortes de madera en forma ilegal en las áreas de comunidades indígenas, maderas que son decomisadas y rematadas por la Superintendencia Forestal, con beneficios reducidos para las comunidades indígenas, cuyos resultados no propician el seguimiento de adecuados procesos de planificación del aprovechamiento forestal.

b) Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles

b.1 Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles en relación a empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar y propietarios privados.

En la región de yungas el aprovechamiento realizado por las empresas forestales se desarrolla en base a los acuerdos con los campesinos - colonizadores en una gran parte, mediante la cual en las áreas de las comunidades campesinas o de colonias se realiza extracción de madera de acuerdo a los denominados permisos forestales para desmonte, planes de manejo forestal, planes de ordenamiento predial. También se han establecido concesiones forestales y están en procesos de formarse ASLs. En lo mencionados sistemas de derechos forestales el aprovechamiento forestal es similar al realizado por empresas forestales en las regiones subtropicales y tropicales bajas.

b.2 Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles en relación a las comunidades campesinas - colonizadores y pobladores rurales.

En la región de los **yungas** el aprovechamiento forestal realizado por los campesinos - colonizadores está sujeto al corte de árboles en función de necesidades. En este proceso, tanto el corte del árbol como de la madera es realizado con motosierra y es entonces cuando los niveles de aprovechamiento son significativos por lo que entran dentro del denominado cuartoneo, que consiste en extraer madera cortada en cuartones o bloques de madera que se comercializan hacia diferentes usuarios. También el aprovechamiento forestal se realiza en función a la comercialización de los árboles según contratos con empresas madereras.

En la región de los **valles** interandinos el aprovechamiento forestal se realiza de algunas zonas de bosque nativo y mayormente de plantaciones forestales. En el pasado los importantes bosques naturales de estas regiones fueron reducidas drásticamente como

efecto del intenso aprovechamiento forestal y cambio en el uso de la tierra. Las actividades realizadas son en general:

Actividades previas al aprovechamiento forestal:

- Localización de los árboles.
- Establecimiento de las formas de extracción (por tractor, deslizamiento, cable, etc).

Actividades simultáneas al aprovechamiento forestal:

- Corte de árboles
- Desramado y trozado

Actividades posteriores al aprovechamiento forestal:

- Extracción de la madera.

b.3 Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano)

En la región del altiplano el aprovechamiento forestal está relacionado al corte de árboles en plantaciones forestales y la extracción de biomasa leñosa, tanto en bosques naturales de pequeñas dimensiones, como en bosques de plantaciones. Las actividades fundamentales se realizan en el marco de actividades simultáneas de aprovechamiento forestal.

Las actividades de aprovechamiento forestal en general son fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente por los procesos de corta de árboles generadores de CO₂ y otros GEI.

2.3 INDUSTRIAS FORESTALES

Las industrias forestales son, en su mayor parte, industrias madereras que después de los procesos de aprovechamiento forestal realizan actividades en diferentes líneas de producción. Para el análisis de los procesos industriales se toma en cuenta la distribución en regiones bioclimáticas, los tipos de usuarios que realizan la actividad industrial y algunos tipos de industrias.

Las industrias forestales forman parte del sector privado, están convenientemente organizados y cumplen un papel fundamental en el comercio de los productos. Los capitales de las industrias en el sector privado son nacionales y también internacionales, lo que ha tenido un efecto sobre la incorporación del valor agregado y el desarrollo de mercados. La organización industriales se han formado a nivel de núcleos familiares que, al mismo tiempo, han obstaculizado el establecimiento de sistemas apropiados de

planificación y administración, decisión sobre nuevas inversiones, desconocimiento del mercadeo y comercio de productos forestales.

La industria forestal boliviana está basada casi exclusivamente en productos de madera sólida donde predominan empresas de pequeño y mediano tamaño donde la tecnología es muchas veces reducida. El parque industrial de Bolivia se compone básicamente por: aserraderos, industrias de láminas y contrachapados, industrias de tableros reconstituídos e industrias de láminas con mayor valor agregado. En el cuadro 3.1 se pueden observar los diversos productos elaborados, STCP 2000.

Cuadro 3.1 Principales productos elaborados en la industria forestal de Bolivia

| GRUPOS | PRINCIPALES PRODUCTOS |
|-----------------------------------|---|
| Aserraderos | Madera aserrada, tablón, tabla, listón, vigueta, viga, puntal, durmiente y otros. |
| Láminas | Lámina debobinada y lámina decorativa (chapa). |
| Contrachapados | Contrachapado estructural y contrachapado decorativo. |
| Tableros reconstituídos | Aglomerado crudo, aglomerado revestido con chapa decorativa, aglomerado con revestimiento melamínico, aglomerado revestido con chapa dura, chapa dura cruda, chapa dura pintada, chapa dura revestida con lámina de madera. |
| Productos de mayor valor agregado | Puertas, ventanas, aberturas, molduras, pisos, productos finger joint, productos machihembrados, urnas funerarias, artesanías, escaleras, partes y componentes de muebles, muebles, tallados y otros. |

Fuente: STCP (2000)

La industria forestal está concentrada principalmente en los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba y La Paz. La capacidad instalada de las industrias forestales en Bolivia es muy reducida frente al potencial, representado por los recursos forestales existentes en el país en el cuadro 3.2 donde se muestra la capacidad instalada en Bolivia (STCP 2000).

Cuadro 3.2 Capacidad instalada de la industria forestal en Bolivia

| PRODUCTO | Nº INDUSTRIAS | CAPACIDAD TOTAL X 1000 | CAPACIDAD INSTALADA PROMEDIO |
|-----------------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------------|
| Madera aserrada | 308 | 1.500 m ³ /año | 4.900 m ³ /año |
| Lamina Decorativa | 3 | 8.400 m ² /año | 2.800.000 m ² /año |
| Lamina Debobinada | 2 | 61 m ³ /año | 30.500 m ³ /año |
| Compensado | 2 | 41 m ³ /año | 20.500 m ³ /año |
| Chapa de fibra Dura | 1 | 30 m ³ /año | 30.000 m ³ /año |
| Aglomerado | 1 | 45 m ³ /año | 45.000 m ³ /año |
| Productos de mayor valor agregado | 700 | 22 m ³ /año | 315 m ³ /año |

Fuente: STCP (2000)

Considerando las actividades industriales relacionadas con el sector forestal, la capacidad instalada se muestra superior a los niveles de producción. En el cuadro 3.3 se aprecia la producción actual y la capacidad instalada (STCP 2000).

Cuadro 3.3 Producción de la industria forestal y capacidad instalada, 1999

| PRODUCTO | PRODUCCIÓN x1000 | CAPACIDAD INSTALADA x 1000 | TASA OPERACIONAL % |
|--------------------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Aserrado | 500 m3 | 1,500 m3/año | 30 |
| Lamina | | | |
| Decorativa | 3300 m2 | 8,400 m2/año | 39 |
| Debobinada | 32 m3 | 61 m3/año | 52 |
| Contrachapado | 22 m3 | 41 m3/año | 54 |
| Tableros reconstruidos | | | |
| Aglomerados | 15 m3 | 30 m3/año | 50 |
| Chapa Dura | 25 m3 | 45 m3/año | 56 |
| Productos de mayor valor agregado | 100 m3 | 22 m3/año | 46 |

Fuente: STCP (2000)

a) Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas

a.1 Empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar y propietarios privados

Las empresas forestales en estas regiones fundamentalmente corresponden a: aserraderos de diferentes tamaños y niveles tecnológicos, fábricas de paneles compensados, fábricas de tableros aglomerados, fábricas de papel, fábricas de tableros de fibra, producción de puertas, producción de muebles, procesadoras de castaña y palmito, carpinterías, artesanías y otras industrias. Para un análisis referencial sobre las industrias forestales, se consideran los diferentes tipos de industrias:

a.1.1 Aserraderos.- Son líneas de producción dedicadas al aserrado de maderas, principalmente de bosques naturales tropicales, subtropicales y templadas en tierras bajas. Algunos de los aserraderos son bastante grandes (10.000 m³ de madera aserrada por año), pero muchos son pequeños (menores a 10.000 m³ hasta 4.000 m³ por año) a muy pequeños (menores a 4.000 m³ por año). La mayoría son plantas de uso intensivo de mano de obra, maquinaria antigua y baja productividad. Por lo tanto, se requieren mayores inversiones.

La calidad es generalmente buena cuando se trata de productos de especies de alto valor destinados al mercado internacional, pero en el caso de especies comunes para el mercado interno, la calidad es pobre. Las empresas de mayor escala están tratando de mejorar la calidad, en particular a través del uso de hornos de secado. Existe un gran volumen de producción de madera no registrada extraída por motosierristas. OIMT 1996, estima que la producción anual de madera aserrada es de 400.000 y 500.000 m³ por año, funcionan de 30 a 40 por ciento de su capacidad instalada. Las características principales de los procesamientos desarrollados actualmente en los aserraderos son:

Área de recepción y almacenado de troncas de madera.- Este lugar se constituye en el área de apilado de maderas extraídas en los bosques, que son transportados por camiones y en algunos casos por río. Es importante que en este punto se realicen las siguientes observaciones:

- Importantes niveles de deterioro de la madera en el transporte por agua, manchas en los extremos y pérdidas de maderas.
- En el transporte por camiones existe también pérdida de madera, en muchos casos al descargar la madera en lugares diferentes del trayecto del bosque al aserradero debido a desperfectos de los vehículos.
- En la recepción de la madera falta la inmediata codificación y el llenado del formulario correspondiente con valores de las dimensiones y el volumen de la madera.
- Los lugares de almacenamiento en general no reúnen condiciones apropiadas de adecuado drenaje, limpieza, apropiada distribución y ordenamiento para garantizar un flujo de producción normal.
- Existe un movimiento de maquinaria excesivo en el área de recepción y almacenado.
- Se realizan actividades de modificación de las dimensiones, lo que significa cortes adicionales con las motosierras, acumulación de residuos y despuntes.
- Los sistemas de acomodo de las troncas no permiten un apropiado secado, en relación a la dirección de los vientos y la orientación de la luz solar.
- No se toman las consideraciones técnicas necesarias para evitar las rajaduras y grietas en las troncas.
- El descortezado de las troncas se realiza en el área de recepción y almacenamiento sin tomar en cuenta aspectos de limpieza de residuos y desarrollo de actividades.
- La distribución de las áreas no contempla el establecimiento de calles o espacios para la manipulación de troncas.
- No se realizan acciones preventivas contra posibles ataques de insectos y hongos xilófagos.

Zona de traslado de troncas hacia el carro del aserradero. - En este lugar las troncas son desplazadas hacia el carro portatroncas del aserradero mediante un sistema de guinche (cables y motor) o mediante el traslado por tractores, produciéndose los siguientes efectos:

- Golpes, astilladuras, rajaduras y depósitos de corteza, de la madera trasladada en troncas, lo que repercute en pérdidas por corte.

- Incorporaciones de suciedad en las troncas que puede ocasionar desgaste o rotura de los dientes de las sierras.
- Excesivas maniobras que significan pérdida de tiempo y por lo tanto aumento de costos.
- Golpes en la armadura del carro porta-tronca.

Corte de la tronca.- Corresponde a las actividades de acomodo en el carro del aserradero y los cortes efectuados por la sierra, donde se consideran los siguientes efectos:

- Utilización de mayor tiempo en el acomodo de las troncas, especialmente con troncas de grandes dimensiones o diámetros significativos.
- Necesidades de conocimientos del aserrador sobre las características de las maderas para conducir a cortes radiales o tangenciales, que posibiliten obtener la estabilidad dimensional y adecuados comportamientos en el secado posterior de la madera.
- Necesidades de conocimientos del aserrador y del afilador sobre las características de las especies que se cortan para mantener eficiencia en el corte en la utilización de sierras con dientes apropiados.
- Necesidades de obtener rendimientos apropiados en base al tipo de corte y espesor de corte.
- Necesidades de utilizar eficientemente la sierra de cinta o sierra de disco.
- En algunos casos los cortes se realizan con grandes desperdicios.
- Tiempos vacíos o pérdida de tiempos en el volteo de troncas, en el carguío y acomodo de troncas, en el cambio de las sierras y otras actividades.
- Los productos adicionales del aserrío, entre ellos aserrín, raspates, orillones y otras partes desechadas son generalmente quemadas. En algunos casos, echados a los ríos cercanos y en muy pequeños casos facilitados a personas del lugar como madera para energía.
- Las condiciones de trabajo para las personas que participan en el corte de maderas, el transporte y la distribución a diferentes líneas de trabajo, no reúnen las condiciones apropiadas por los efectos del aserrín y polvo a los ojos, el intenso ruido para los oídos, los efectos del polvo y aserrín para las vías respiratorias, el peligro de accidentes de corte, golpes y caída de los tablones sobre pies, manos y otras partes del cuerpo de las personas. Otros aspectos condicionantes del propio ambiente de trabajo en el lugar son el calor, el frío, el polvo y el aserrín, entre otros).

- En casos muy excepcionales la madera es sometida a tratamientos de preservación contra hongos e insectos inmediatamente después del aserrado. En la generalidad de los casos, la madera es trasladada hacia zonas de almacenamiento bajo apilado en forma natural.

Zona de secado o almacenamiento de madera.- Es el lugar donde se deposita la madera en pilas o forma de acomodo especial, establecidos en dimensiones y con los espacios necesarios para maniobrar la extracción o nuevos depósitos. Los efectos observados son:

- El lugar donde se almacena la madera en pilas, no reúne las características apropiadas de buen drenaje y/o limpieza en muchos de los casos.
- Muchas veces no se utilizan separadores entre tabla y tabla, o los mismos son escasos, lo que influye en el secado y en la aparición de manchas.
- Las direcciones del apilamiento de la madera no guardan las medidas apropiadas en relación a la dirección del viento y a la dirección de los rayos solares.
- No se incorporan las protecciones necesarias, como techos para las pilas de madera. Tampoco se integran algunas acciones como el sellado de las secciones transversales de las tablas, con pinturas y otros elementos.
- No se llevan los controles de secado necesarios, ni la información sobre tiempos, especies, volumen, etc.
- La utilización de secadores de madera industriales y preservadores de madera será tratado específicamente.

Despacho de las maderas.- Es la actividad de control de carguío y despacho de la madera en camiones hacia los centros de comercialización o puntos intermedios para el envío de madera hacia el exterior.

- El carguío de la madera se realiza en base a una nota de remisión o certificado de origen, las mediciones requieren de mayor rigurosidad a través de la capacitación del personal.
- Un efecto fundamental en el despacho de la madera está relacionado a los caminos entre el aserradero y las ciudades de destino de la madera. Caminos en mal estado impiden el arribo de los camiones en los tiempos previstos, encareciendo los costos de transporte.

A nivel de los procesamientos en aserraderos, se considera que existen muchos aspectos que contribuyen en las emisiones de GEI, algunas de estas actividades están dados a nivel cualitativo por el uso de maquinaria que utiliza combustible fósil, quema de residuos de madera y transporte.

a.1.2 Industria de paneles compensados.- Son procesos industriales de transformación de la madera en láminas, para la posterior formación de tableros compensados. La OIMT 1996 indica que Bolivia dispone de 5 empresas que producen chapas de madera (chapas rebanadas y desenrolladas), y 5 que producen contrachapados. La producción de chapas de corte plano se basa principalmente en la mara y el roble. Otras especies de importancia utilizadas en este rubro son gabún, cedro, jacarandá, tarara y verdolago.

La capacidad de producción de chapas de corte plano se estima en unos 10 millones de m² por año, lo que representa entre 7.000 y 8.000 m³ del producto final. En los últimos años la producción se ha mantenido constante entre 4 y 5 millones de m². Se estima que, la producción de contrachapados es de 50.000 m³/año y que dicha producción utiliza aproximadamente 50 por ciento de la capacidad instalada. Las características sobre los procesos actuales son:

a.1.2.1 Láminas debobinadas, contrachapado, paneles compensados

Zona de almacenamiento de la madera en troncas.- Es el lugar en donde se recepciona la madera y se apila, además donde se realiza el descortezado.

- El área utilizada en gran parte de los casos es inadecuada, por el mal drenaje, falta de limpieza, aspectos que influyen en el ataque de insectos y hongos xilófagos.
- Se requiere tratamiento de la madera, a través de fumigación con productos químicos para prevenir ataque de insectos y hongos. Aspectos que, en la mayor parte de los casos, no se realiza.
- El manejo de las troncas por las significativas dimensiones y volúmenes, requiere de equipos y materiales importantes que las industrias no establecen en las áreas de almacenamiento con el fin de evitar mayores gastos o movimientos innecesarios de los tractores.
- Existen especies que pueden ser cortadas en las debobinadoras de manera directa, es decir, sin tratamiento de calentamiento de las maderas. Por lo tanto, el descortezado requiere de un trabajo más minucioso, así como la limpieza de las superficies con el fin de evitar materiales adicionales como piedritas u otros objetos que mellen el filo de las cuchillas.
- Las especies que requieren tratamiento, como cocimiento en pozas de agua a temperaturas y tiempos previstos deben ser limpiadas previamente.
- En muchos casos se realizan despuntes o cortes de las troncas con el fin de que puedan acomodarse adecuadamente en las pozas de cocimiento. Estos residuos no son adecuadamente aprovechados o se utilizan como combustible para el caldero en condiciones húmedas.

Área establecida para las pozas de cocimiento de las maderas.- Se utilizan pozas de hormigón en donde se cuentan con tubos de distribución de vapor caliente en la parte inferior las que calientan el agua y por lo tanto la madera colocada en dichas pozas. Las características son:

- Los procesos de calentamiento de las maderas en las pozas generan importantes pérdidas calóricas, lo que requiere de mejores sistemas de aislamiento.
- Se necesitan mayores estudios sobre las características de temperatura de cocimiento y tiempo de duración para un efectivo proceso de ablandamiento de las maderas. Aspectos que pueden ocasionar pérdidas de madera.
- La utilización del agua caliente remanente debe necesariamente considerar los aspectos de pigmentación, con el fin de no provocar manchas en las maderas.

Área de preparación de la madera previa a la debobinadora.- Es el lugar donde se descortiza la madera todavía con corteza y donde se realizan los cortes de dimensionamiento para ser colocada en la debobinadora. Las observaciones al respecto son:

- Los cortes de dimensionamiento de las troncas producen importantes pérdidas de madera, la mayor parte desechadas como desperdicio y otra parte para utilización en el caldero.
- El descortezado produce importantes cantidades de residuos cuya utilización debe investigarse.
- Las rajaduras y grietas producidas como efecto del proceso deben ser controladas con el fin de evitar el desecho de mayor cantidad de madera.

Corte en debobinadora.- Es el lugar donde se producen las láminas de madera en condiciones establecidas de espesor, calidad y tamaño. Las observaciones al respecto son:

- Es necesario establecer las variables adecuadas para el corte de las láminas, lo que requiere de apropiadas pruebas de investigación con el fin de propiciar el mejor rendimiento de la madera.
- Tomar en cuenta que los procesos de ablandamiento de maderas influyen en el rendimiento y en los costos.
- En muchos casos el rendimiento de las maderas no es el apropiado, dejándose para la madera restante para el corte de tablas. Lo que definitivamente causa un considerable aumento de los costos.
- Disminuir el nivel de desperdicio en el procesamiento.
- Establecer el adecuado tratamiento de las cuchillas, con adecuados niveles de capacitación del personal y equipamiento apropiado.

- El corte de dimensionamiento de las láminas de madera produce también importantes niveles de desperdicios, lo que significa una mayor eficiencia en el corte y el aprovechamiento integral de las láminas.

Secado de las láminas de madera.- Es el lugar en donde las láminas son sometidas a secado con temperaturas de aproximadamente 100°C en base a vapor caliente que circula por tuberías. Las láminas son puestas sobre mallas de alambre y al pasar por la secadora pierden humedad hasta el nivel de trabajo apropiado 6 a 8 por ciento. Las observaciones pueden ser:

- Es necesario conocer los diferentes grados de temperatura a la que pueden secarse las diversas especies de maderas, así como la velocidad de desplazamiento de la malla y la humedad final a la que cada especie puede comportarse apropiadamente en el trabajo.
- Es importante proceder al secado inmediatamente después del cortado y dimensionamiento de la lámina para evitar el ataque de hongos, así como la aparición de manchas.
- En algunos casos es importante proceder a tratamientos de prevención con productos químicos.
- Los productos resultantes del secado deben estar adecuadamente ordenados por tamaños y especies.
- La aparición de defectos de secado deben ser eliminados con el control de las variables de secado y el conocimiento de las características de las maderas.

Área de estabilización del contenido de humedad.- Es el lugar donde las maderas secas estabilizan su contenido de humedad en relación al medio ambiente, pudiendo por ejemplo estabilizarse entre 12 a 15 por ciento. Las observaciones son:

- Para armar los paneles, es necesario que las diferentes láminas que la conformen se estabilicen a nivel de la humedad ambiental interna del lugar donde se almacenan.
- Es fundamental evitar que las láminas no reciban lluvia o agua directamente.
- Controlar los niveles de contenido de humedad.

Área de encolado y formación del panel.- Es el lugar donde se coloca la cara en las caras del panel y en donde se establece el tipo de panel requerido (a nivel de caras simples, decorativas, etc.). Observaciones:

- La preparación de las colas debe ser realizado considerando la incorporación las mezclas apropiadas de colas, harinas e inhibidores del ataque de insectos.

- El uso de las colas no se realiza dentro del marco de eficiencia y calidad.
- La formación del panel debe considerar la incorporación de láminas en forma cruzada.

Área de prensado.- Es el lugar en donde el panel formado por diversas capas es sometido al prensado, en prensas hidráulicas.

- Se utilizan variables que deben ser ajustadas a las verdaderas necesidades de las maderas.
- Se requieren investigar valores de prensado para diferentes especies y variables utilizadas en el prensado.
- La madera como defecto del prensado es desechada o quemada.
- Se debe considerar la incorporación de mayor calidad en la formación de las láminas, especialmente en las caras.
- La mezcla de cola con el extensor (harina) debe incorporar el preservante en la cantidad adecuada con el fin de evitar el ataque de insectos.

Área de acondicionamiento, posterior al prensado y dimensionado de los tableros. Es el área en donde se deja estacionado los tableros, para que se estabilicen con el medio, especialmente en cuanto a la humedad de equilibrio, así como también se realizan los cortes longitudinales y transversales que le dan el tamaño normalizado al tablero. Las observaciones son:

- Las áreas de estacionamiento de los tableros deben mantener las condiciones de limpieza, sequedad apropiada y aislamiento de polvo o aserrín.
- El personal debe contar con los materiales necesarios para precautelar su salud (mascarillas para la nariz, lentes de protección, guantes y ropa apropiada de trabajo, entre otras).
- El ambiente para el corte de dimensionado de los tableros debe ser amplio y aireado.
- Los elementos de corte, sierras deben estar permanentemente afiladas y mantenidas, además de protegidas para evitar accidentes.
- Es importante la existencia y funcionamiento de mesas con rodillos de desplazamiento para evitar esfuerzos innecesarios en el carguío y traslado de los tableros.
- Capacitar al personal para contar con eficiencia en el corte y adecuado rendimiento.
- Los desechos de los cortes en el dimensionado del tablero deben ser orientados a una adecuada utilización.

Área de selección, clasificación y despacho de tableros.- Es el lugar en donde se seleccionan los tableros, se clasifican según calidad, dimensión y especie de madera, procediéndose posteriormente al despacho correspondiente. Las observaciones son:

- Se requiere adecuada capacitación para la selección y clasificación de los tableros, además como para establecer un adecuado ordenamiento para el almacenado y despacho de material.
- Los espacios para esta área deben ser adecuados para propiciar un adecuado movimiento en la selección y clasificación.
- Debe establecer flujos de selección y clasificación sistematizados, así como el control de las unidades, dimensiones y tipos de tablero que se almacenan y despachan.
- Los lugares de salida del material despachado deben contar con amplios espacios para el movimiento de los tableros y de los vehículos de carga y descarga.

En la industria de paneles compensados las actividades que generan emisiones de GEI a nivel cualitativo son: uso de equipos de transporte, corta de troncas y uso de motosierras, uso de calderos y secadoras, producción de residuos y transporte de tableros.

a.1.2.2 Industria de chapas o láminas de madera decorativa

Son procesos industriales por las cuales las maderas en troncas son adecuadamente cortados en flices o partes de la tronca, convenientemente tratadas por calentamiento en pozas, cortadas en guillotinas verticales u horizontales en chapas de espesores generalmente iguales o menores a 1 mm., secadas y cortadas a dimensiones apropiadas.

Área de selección de trozas para chapas decorativas, en el patio de troncas o almacenamiento.- Es el lugar en donde se pueden seleccionar las trozas de mayor calidad para el procesamiento en chapa decorativa. Las observaciones son:

- La madera almacenada en el patio de troncas, requiere de tecnologías más apropiadas para su conservación (piscinas de troncas, en donde las troncas se mantienen durante cierto tiempo, rociado de agua para evitar el resecamiento de la troza, apropiados sistemas de apilado, entre otros). También las áreas deben ser limpias, bien drenadas.
- Realizar procesos de fumigación con productos químicos contra hongos o insectos sobre las troncas.
- Mantener un adecuado proceso de ingresos y egresos de las trozas así como de su calidad y dimensiones.

Área de corte de los flices en el aserradero.- El lugar es el aserradero de la industria que está constituido solamente por la sierra de cinta. Las observaciones son:

- Se requiere de una adecuada capacitación del aserrador, así como del responsable técnico, en aspectos de cortes de acuerdo a las especies a ser procesadas industrialmente.
- Los cortes de las troncas deben ser previamente dibujados en la cara transversal antes del corte en el aserradero.
- Los cortes debe ser realizados con la mayor precisión posible para propiciar los mejores dibujos o vetas en la madera en el posterior procesamiento en las guillotinas o slaicer o faqueadoras.
- Se requiere de un adecuado afilado y mantenimiento de las sierras de cinta con el fin de no producir rayaduras en las caras de las láminas.
- Los desechos, tanto de cortes transversales realizados con motosierra como de cortes longitudinales, deben ser utilizados apropiadamente en procesos de re-aserrío y en otras actividades (calderos, otras líneas de producción, etc).

Área de calentamiento de los flices en pozas.- Es el lugar similar al del procesamiento de madera para paneles compensados, para este caso se utilizan flices o partes de la tronca que. Las observaciones son:

- Realizar ensayos sobre diferentes especies de maderas para conocer las variables de temperatura de calentamiento del agua de la poza, así como del tiempo de permanencia.

Área de preparación previa a la guillotina o slaicer.- Es el lugar en donde el fliche sacado del pozo, es preparado para ser colocado en los sujetadores de la guillotina para el corte respectivo. Las observaciones son:

- En el preparado el fliche, mantener el mismo en condiciones limpias y conservando la temperatura, cubriendo con una lona.
- Limpiar nudos y otros agregados que puedan mellar la cuchilla, produciendo chapas de baja calidad o tiempos vacíos que afectan el rendimiento.
- Se debe preparar el material suficiente para mantener la máquina en producción.

Área de corte en la guillotina o slaicer vertical / horizontal.- Es el lugar en donde está ubicada la máquina de corte, y donde se producen las chapas o láminas decorativas. Las observaciones son:

- De acuerdo al tipo de equipo se debe ajustar el rendimiento en la producción, considerando también las características de las especies, la eficiencia y la calidad.
- Se debe ocupar el tiempo efectivo de la guillotina en los cortes, para una producción normal.

- El mantenimiento de las cuchillas y los repuestos deben estar siempre disponibles, para evitar la paralización del equipo de corte.
- Se requiere de capacitación permanente sobre el manejo del equipo de corte, los tipos de cortes y la eficiencia.
- Mantener el lugar de la guillotina perfectamente limpia.
- Llevar el control de la producción y el control de la calidad permanentemente.
- Se requiere contar con equipos e instrumentos de medida.

Área de secado de las chapas o láminas decorativas.- Es el lugar en que se produce el secado de las chapas o láminas de madera producidas en la guillotina. Las observaciones son:

- No se consideran las características reales de secado de las diferentes especies de madera.
- Se requiere un adecuado control de las condiciones de secado.
- El secado final debe considerar el equilibrio higroscópico.
- Debe mantenerse la eficiencia del secador, en base a coordinar la producción de una o varias guillotinas.
- El personal debe estar adecuadamente capacitado.
- Se deben contar con los equipos necesarios para medir humedad y otras variables de la secadora (temperatura, velocidad del aire circulante, etc.).

Área de corte de dimensionado de las chapas o láminas de madera.- Es el lugar en donde se realiza el corte de las chapas en grupos, en una guillotina de corte vertical. Las observaciones son:

- Se requiere que el operador tenga la mejor capacitación para obtener el máximo aprovechamiento o rendimiento de las láminas, tanto en calidad como en superficie.
- La cuchilla necesita un adecuado afilado y contar con los repuestos necesarios.
- Es necesario poseer equipos de medición, tanto de la superficie como del espesor.
- El amarre de las láminas por grupos pares requiere el control desde el secado.
- Los residuos deben ser aprovechados convenientemente.

Área de estacionamiento de los paquetes por partes del árbol y especie, así como espesor convenientemente etiquetados.

Es el lugar en donde se ubican las plataformas con la madera preparada, estacionada para mantener el equilibrio higroscópico y para la comercialización. Las observaciones son:

- El área debe ser limpia y amplia, para estacionar el material de la producción. Una parte de ésta es empleada para comercialización directa y otra parte para uso de la propia industria en diferentes líneas de producción.
- Se debe ordenar las plataformas por especies y por tiempos de producción.
- Se requiere de capacitación para la comercialización y la selección de láminas en base a las características de las maderas, la demanda de los mercados y los grados de calidad.
- Se debe llevar una apropiada entrada de materiales de producción y una salida hacia diferentes líneas de la industria y hacia el comercio nacional o internacional.

Las actividades que pueden producir emisiones de GEI a nivel cualitativo en el proceso de fabricación de chapas decorativas son: uso de equipos, calderos, secado, generación de residuos y transporte.

a.1.3 Industria de tableros de madera reconstituidos

Existen dos plantas de tableros de partículas, uno en Santa Cruz, con una capacidad de producción de 20.000 m³ por año que opera al 50 por ciento de su capacidad y el otro en Cochabamba, que utiliza madera de bosques secundarios, especialmente del género *Cecropia sp.* y tiene una capacidad de 5.000 m³ por año. Existe además, una planta de tableros duros o tableros de fibra en Santa Cruz, con una capacidad de producción de 150 toneladas por día, pero opera a un nivel de 60 toneladas por día con material de madera que proviene de áreas de desmonte o zonas de conversión.

a.1.3.1 Industria de tableros aglomerados

En la fabricación de tableros de partículas, la tendencia es hacer tableros de 3 ó más capas, se hacen las caras con las partículas más finas y las almas con las más gruesas. En Bolivia se utiliza como material prima madera en trozas producto de árboles cortados en el bosque, árboles cortados en las áreas de desmonte y madera de bosques secundarios. FAO 1976, menciona que los tableros tienen 3 a 50 mm de espesor, de 0.4 a 1 g/cm³ de densidad, de 122 x 244 cm hasta 244 x 3000 cm de superficie.

Preparación de las partículas.- Se emplean astilladoras para obtener las partículas, también se pueden utilizar desfibradoras de uno o dos discos, molinos de martillo y otros equipos.

Secado de las partículas.- Para contar con una humedad homogénea, el secado puede utilizar diesel en el caldero o madera.

Mezclado de las partículas y formación del velo.- La mezcladora tiene por objetivo mezclar los aditivos, la resina y la cera con las partículas secas. En la máquina de formación, se controla, espesor, densidad y humedad. El velo o manto de formación de las partículas se realiza en correa sin fin de tela metálica, que penetra en la prensa caliente junto con el velo.

Pre-prensado y prensado.- En el sistema se requiere de pre – prensado por utilización de malla metálica, puede utilizar el pre – prensado por platos, manteniéndose el velo inmóvil. Pero se utiliza más el prensado continuo, al pasar el velo entre correas de acero, también cilindros. El prensado se realiza en prensas continuas, generalmente una correa de acero continua pasa por la máquina de formación de velo y lo comprime contra el tambor de una prensa caliente.

Acabado del tablero.- Utilizando lijadoras de correa ancha que dan el espesor deseado. También se pueden emplear diferentes productos melamínicos para establecer un acabado de la superficie del tablero.

En aspectos ambientales es necesario tomar en cuenta: polución por generadores de energía, las partículas finas, sustancias extractivas de las maderas (contaminación de aguas), los secadores de partículas (gases), mezcladoras de resinas (vapores volátiles), ciclones empleados para soplar lijaduras y partículas pequeñas (gases), vapores de pinturas o barnices que contienen diluyentes volátiles y los incineradores de desechos (gases y cenizas). Las actividades y posibles emisiones de GEI a nivel cualitativo son: movimiento de troncas en el patio de materia prima, residuos del astillado que se quema como energía para el caldero, utilización de madera para energía del caldero para secado de astillas y del tablero, además de transporte de los tableros en camiones para su comercialización.

a.1.3.2 Industria de fibra de madera

Área de recepción de la materia prima.- Es el lugar donde se depositan y apilan las troncas de madera. Las observaciones son:

- Las maderas deben ser apiladas por especies y fechas de entrada, considerando el mantenimiento de un stock para el procesamiento industrial.
- El área no está apropiadamente limpia, ni ha considerado los drenajes necesarios para el escurrimiento del agua.
- Se precisa mejorar el control de las entradas y salidas de la materia prima, así como el inventario en general.

Área de picado o astillado de la madera.- Es el lugar donde se astilla la madera, donde la madera gruesa o de gran diámetro puede ser aserrada longitudinalmente para poder ser astillada. Las observaciones son:

- No se hace un control sobre el tamaño de las astillas.
- Se debe regular la eficiencia del astillado.
- Se debe capacitar al personal.

Área de lavado de astillas.- Es el lugar donde se lavan las astillas de impurezas que se adhieren a las mismas. Las observaciones son:

- Falta un mayor control en el lavado de las astillas.

Área de silos de almacenamiento de astillas.- Es el lugar donde se almacenan las astillas. Las observaciones son:

- Requerimiento de controles de humedad y calidad de las astillas.

Área de ablandamiento de astillas en autoclave.-

- Mejorar el control de las variables en el autoclave, presión, temperatura y duración.

Área de desfibrado, por trituración de astillas.-

- Requerimiento de controles del desfibrado, especialmente en los niveles y calidades de desfibrado.

Área del tanque de pulpa (agua + fibras + sulfato de aluminio).-

- Mejorar los controles para determinar la concentración apropiada para formación del tablero.

Área de la línea de formación de tableros.-

- Establecer controles sobre el espesor y la formación del tablero.

Área de la prensa caliente.-

- Mejorar y sistematizar los niveles de control de las variables, presión, temperatura y duración.

Área de la cámara de temple (secador a 158°C).-

- Controlar la temperatura y la duración.

Área de la cámara de humectación (7%).-

- Los controles en esta área deben estabilizar la humedad del tablero en relación al medio ambiente.

Área de escuadrado.-

- Mejorar los niveles de corte en el escuadrado, propiciando mejores afilados y mantenimientos de las sierras.

Área de la línea de pintado.-

- Los controles deben establecerse en relación a la calidad de esparcimiento de la pintura y su nivel homogenización.

Área de almacenamiento.-

- Sistematización en los controles para el almacenamiento de tableros por dimensiones y especies.

Área de caldero.-

- Control del abastecimiento de combustibles, madera de desecho y diesel.

Las actividades que pueden producir emisiones de GEI a nivel cualitativo en el proceso de fabricación de tableros de fibra a nivel cualitativo son: uso de equipos, transporte, generación de residuos y usos para energía.

a.1.4 Otras industrias de valor agregado

Otras industrias de valor agregado consideran la fabricación de puertas, pisos y molduras, gran parte orientada a la exportación. Este tipo de industrias abarca fábricas grandes, medianas y pequeñas. La capacidad actual de producción se estima en 100.000 m³ por año donde la producción para la exportación es de aproximadamente 16.300 m³ de productos acabados y a nivel nacional de 60.000 a 70.000 m³.

Las emisiones de GEI por las actividades realizadas a nivel cualitativo pueden ser: manipulación de madera en general en los diferentes equipos que proporcionan elevados niveles de desechos, los cuales se queman, y uso de diferentes formas de transporte, tanto para el aprovisionamiento de materia prima como para el transporte de productos acabados.

Otras industrias forestales como: secadoras de madera, preservadoras de madera, y plantas de elaboración de papel, entre otros, no se describen a nivel del detalle de actividades, pero se mencionan las posibles emisiones por GEI por actividades a nivel cualitativo las cuales son: utilización de secadoras en base a la generación de vapor, mediante calderos a base de material leñosos; procesos de fabricación; refugios de madera como producto de malas condiciones de secado que serán reaserradas y en parte quemadas y madera no preservada que dura menos que la madera preservada por lo tanto la descomposición de la madera por su uso puede generar emisiones.

a.1.5 Productos forestales no maderables

a.1.5.1 Industria de elaboración de palmito

La industria de extracción de palmito se inicia con el corte del tallo de especies de palmera, especialmente asaí (*Euterpe sp*), de las cuales sólo se aprovecha la parte terminal del estipite dejando el resto en el bosque. Las partes terminales recolectadas y eliminando las envolturas pasan a ser envasadas en una mezcla de agua, sal y ácido cítrico, para que posteriormente sean sometidas a un proceso de enlatado. Villachica 1996, describe las etapas de producción de palmito: cosecha de tallos, transporte de tallos, precocido a 90 – 95 °C durante 12 minutos, pelado o descortezado, extracción del palmito, cortado en trozos de 10 cm de longitud, clasificación, lavado, pesado y adición de salmuera (2 % de cloruro de sodio, 1 % de ácido cítrico y 300 ppm de ácido ascórbico). En este tipo de aprovechamiento forestal, las emisiones de GEI se establecen en las siguientes actividades a nivel cualitativo: corta de las palmeras, sin actividades de reposición.

a.1.5.2 Industria de la castaña

El proceso de la industrialización de la castaña se inicia con su recolección en las cercanías del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*), quebrado de la cáscara y secado, selección y clasificación, empaquetado y comercialización. Tratándose de procesos de aprovechamiento sostenible los árboles de castaña se constituyen en sumideros de carbono. Sin embargo, los problemas que se enfrentan son la apertura de la frontera agrícola y en consecuencia el cambio de uso de la tierra, la corta de árboles de castaña para uso de la madera, la falta de prácticas silviculturales para el manejo y producción sostenible de castaña. Las actividades que pueden generar emisiones de GEI son: la carencia de prácticas silviculturales que propicien la sostenibilidad de la especie frente a los desmontes y el uso indiscriminado.

2.4 ÁREAS PROTEGIDAS

Las áreas protegidas conforman aproximadamente el 14 por ciento de la superficie territorial de Bolivia, donde se desarrollan actividades relacionadas a la protección, investigación y permanencia del germoplasma.

La Ley del Medio Ambiente N° 1333 de 1992, determina la institucionalización del ordenamiento y administración del Sistema nacional de áreas protegidas y la Ley de Organización del Poder Ejecutivo N° 1788 de 1997 crea el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP). Se define el área protegida como la unidad de manejo territorial con límites definidos, base legal específica y categoría de manejo definida, cuyos objetivos de manejo generales están dirigidos principalmente a la conservación in situ de los recursos de la biodiversidad. De esta manera, constituyen muestras representativas de ecosistemas naturales y regiones biogeográficas. Los aspectos fundamentales en las áreas protegidas son:

- Mantener la integridad del área protegida.
- No realizar ningún tipo de aprovechamiento en las zonas de restricción total.
- Mantener un área de amortiguamiento o área de uso múltiple.
- Establecer las categorías apropiadas de manejo.

En las áreas protegidas las actividades silviculturales pueden realizarse para reconstituir áreas intervenidas en el pasado y mantener las condiciones naturales, además para mantener las reservas genéticas que puedan garantizar la permanencia de las especies forestales. Las investigaciones en el medio natural, podrían aportar importante información hacia el desarrollo de actividades silviculturales y de manejo forestal.

En los planes de manejo de las áreas protegidas que están en proceso de preparación, se menciona algunos aspectos que se toman en cuenta: políticas y estrategias para el manejo (recategorización del área, saneamiento legal del área, tenencia de la tierra, uso de los recursos forestales maderables, zona de protección estricta, zona de amortiguamiento, zona de uso extensivo extractivo o consuntivo, zona de aprovechamiento de los recursos naturales (uso intensivo extractivo), zona de uso intensivo no extractivo y zonas de usos especiales). (MDSP 1998).

2.5 CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

El cambio en el uso de la tierra y silvicultura es una de las actividades significativas en la emisión de GEI en Bolivia, principalmente en cuanto a dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Además, como señala el PNCC (1999), esta incidencia se percibe sobre la capacidad productiva de los ecosistemas naturales y cultivados, ecosistemas que además se ven amenazados por la ampliación no planificada de la frontera agrícola debido al cambio de uso de la tierra en regiones boscosas, provocando una creciente deforestación.

Los sectores de agricultura y de ganadería según PNCC (1999), constituyen uno de los principales puntales de la economía del país donde su aporte al Producto interno Bruto (PIB) nacional fue de 15.24 por ciento para 1995, reduciéndose al 11 % para 1996. Además, la exportación de productos agropecuarios alcanzó 557.9 millones de dólares

para 1996. Señala además, que de acuerdo al censo nacional de 1992, la población rural de Bolivia, directamente relacionada con las actividades agropecuarias, alcanza al 42.45 por ciento del total nacional, siendo que el 88 % de esta población se encuentra en situación de pobreza a extrema.

La decadencia de los cultivos y los bajos rendimientos en las regiones del altiplano y valles ha generado una constante migración hacia las zonas de colonización y otras regiones bajas tropicales y subtropicales. El PNCC (1999) indica que los sistemas agropecuarios que prevalecen en las regiones tropicales de Bolivia se agrupan en: agricultura migratoria, ganadería extensiva y sistema de producción intensiva de cultivos anuales. Se menciona igualmente que durante el período agrícola 1995 –1996 la superficie cultivada en todo el país era de 1.816.390 de hectáreas, equivalentes al 1.65 por ciento del territorio nacional. El sector pecuario según el PNCC (1999) es importante en la emisión de metano a través de la fermentación entérica y manejo de estiércol.

De acuerdo con el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de origen antropogénico de Bolivia para el año 1994, PNCC (2000), las prácticas desarrolladas para el cambio de uso de la tierra a través de la corta y quema de bosques son comunes en zonas tropicales y subtropicales del país, constituyendo a escala nacional una de las más importantes fuentes de emisión que se concentran y permanecen por tiempos prolongados en la atmósfera. Entre estos gases el más importante es el dióxido de carbono, siguiéndole el monóxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno y óxido nitroso. El cambio del uso de la tierra y la explotación de bosques alteran directamente los flujos de dióxido de carbono almacenado en la vegetación viva, la cubierta muerta y los suelos.

Los aportes de los GEI en la actividad de cambio de uso de la tierra y silvicultura son:

| CAMBIOS EN EL USO DE LA TIERRA Y LA SILVICULTURA | |
|---|-----------|
| GASES DE EMISIÓN | Gg |
| CO ₂ | 38617.11 |
| CO | 478.51 |
| CH ₄ | 54.67 |
| NO _x | 13.56 |
| N ₂ O | 0.38 |

Fuente: PNCC (2000).

Las emisiones o remociones de dióxido de carbono que obedecen a los cambios en las existencias en pie de bosques y otra biomasa leñosa, como resultado de la actividad humana, según el PNCC 2000, señala que las superficies de bosques manejados, bosques con especies maderables de rápido crecimiento, así como otras especies ascienden a 142.680 hectáreas, las que provocan la retención de carbono en una cantidad de 448.1 Gg. Si a esta cifra se adiciona la absorción debida a la plantación de árboles, de 2.89 Gg C, totaliza 451 Gg C que transformado a peso de CO₂ el resultado de absorción total en 1994, fue de 1653.59 Gg de CO₂.

El PNCC (2000) menciona que como producto del aprovechamiento comercial en bosques para madera elaborada, semi-elaborada, rollizos industriales, troncos, callapos y postes, se produjo una liberación de dióxido de carbono de 5.629.38 Gg. La relación entre los bosques manejados, así como las plantaciones (451 Gg), frente al cambio de bosques y otra biomasa leñosa o sea por liberación de dióxido de carbono (1.986.00 Gg) no alcanza a considerarse en sumidero, por la mayor emisión existente.

La conversión de bosques en otros sistemas de cultivos representa para 1997, según el PNCC 2000, 197.090 hectáreas, de las cuales el 44.26 % corresponde a la región amazónica, el 15.84 % a la chiquitanía, el 29.75 % a la región chaqueña y el 10.15 % a la zona andina. Considerando un factor de oxidación de 0.27, el producto de la tala de bosques, la quema de biomasa, la liberación total anual de dióxido de carbono es de: 12.535 Gg procedentes de la combustión y 20.452 Gg debidas a la descomposición, totalizando 32.987 Gg, que significa el 85.42 % del total que emite la actividad del cambio del uso de la tierra y silvicultura, que tiene un total de 38.617.11 Gg.

2.6 ASPECTOS SOCIO - ECONÓMICOS

En el Plan Operativo de Acción 1997 – 2002 (Presidencia de la República de Bolivia, 1997) se indica que la estabilidad macroeconómica obtenida llevó a tasas de inflación inferiores al 10 % y a una tasa de crecimiento de la economía para los últimos años de 4% en promedio, la cual se redujo debido a los acontecimientos internacionales y a las crisis económicas regionales. En términos per-cápita, el crecimiento del producto fue menor al 2 %, el que no es suficiente para reducir la pobreza en Bolivia que afecta al 70% de toda la población y que alcanza al 95 % de los bolivianos en las áreas rurales. Por otro lado, la oferta exportable es poco diversificada debido a que los 4 productos de exportación representan el 43 % del valor total de nuestras ventas al exterior y porque más del 60 % del total de las exportaciones se dirigen solamente a 4 países.

Se señala, además, que la expectativa de vida al nacer en Bolivia es de 60 años y en el área rural de 54 años. Con un 23 % de población boliviana analfabeta, siendo el 37% en el área rural y agravándose en el caso de las mujeres en esta área última donde llega al 50%. Además, el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita nacional es menor a 1.000 dólares al año, considerablemente menor al promedio de América Latina de 3.000 dólares al año.

El STCP (2000), indica que el sector forestal ejerce una fuerte influencia en la economía de Bolivia, tanto en generación de rentas, divisas, empleos, recaudaciones tributarias, como en muchos otros aspectos. Algunos indicadores señalan que aporta con el 3 % del PIB (aproximadamente 220 millones de dólares), genera alrededor de 90 mil empleos, propicia el 11 % de las exportaciones (aproximadamente 109 millones de dólares), proporciona a nivel de recaudaciones anuales más o menos 4.6 millones de dólares en tributos y 7.2 millones de dólares en patentes forestales. Sin embargo, las importaciones en rubros de madera y fundamentalmente de productos papeleros significan 50 millones de dólares al año.

Estimaciones del proyecto de asistencia para el desarrollo y la promoción de exportaciones de manufacturas de madera (Pérez del Castillo y otros 1993), establecían que con una productividad de 6 millones de hectáreas y con una producción de 2 m³ por hectárea, se podía contar con 12 millones de m³ de madera en troncos, considerando una utilización del 40 % para chapas con el 65 % de desperdicio (1.680.000 m³) y el 60% para productos aserrados con un 50 % de desperdicio (3.600.000 m³), donde el potencial de exportación se proyectaría en un total de 1.500 millones de dólares anuales.

2.7 POLÍTICAS, LEGISLACIÓN Y ADMINISTRACIÓN FORESTAL

En términos de legislación forestal en Bolivia, se ha establecido la Ley Forestal N° 1700 en 1996, así como el reglamento y las normas pertinentes. Aún se carece de una Política Forestal a nivel existiendo, sin embargo, existen propuestas como las sugeridas por la Misión Forestal Alemana, 1997 y el Plan de Acción Forestal, 1995. Igualmente, se han preparado en los últimos años propuestas de políticas forestales departamentales en La Paz y en Tarija. Las constantes innovaciones tecnológicas y los cambios en los aspectos sociales y económicos mundiales, hacen necesario el desarrollo de ajustes y cambios en la actual legislación forestal boliviana.

En relación a los mecanismos de desarrollo limpio, es fundamental su incorporación en los ajustes futuros de las legislaciones forestales y ambientales, a modo de establecer actividades que posibiliten disminuciones graduales pero constantes de Gases de Efecto Invernadero, que promuevan el cumplimiento del Protocolo de Kioto. La convención marco sobre el cambio climático está ratificado por la Ley N° 1576 del 25 de julio de 1994.

2.8 POTENCIAL TÉCNICO Y ECONÓMICO

Los bosques en Bolivia conforman el 48 % de la cobertura territorial, o sea 53.4 millones de hectáreas (MDSMA, 1995). Existen 6 grandes regiones productoras forestales en Bolivia (Bajo Paraguá, Chiquitanía, Choré, Guarayos, Preandino Amazónico y Amazonía), totalizando aproximadamente 29 millones de hectáreas. El Decreto Supremo 26075 de 16 febrero de 2001 (Gobierno de Bolivia 2001) establece las tierras de producción forestal permanente con un total de 41.2 millones de hectáreas, de los cuales 28.1 millones de hectáreas sin restricción, 10.6 millones de hectáreas en áreas protegidas, 2.3 millones de hectáreas con restricciones en los departamentos de Chuquisaca y Tarija.

Cuadro 3.4 Regiones forestales productoras en Bolivia (STCP 2000)

| REGIÓN | SUPERFICIE (millones Ha.) | VOLUMEN (m3/Ha.) |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| - Bajo Paraguá | 3.8 | 50.89 |
| - Chiquitania | 6.3 | 43.39 |
| - Choré | 1.6 | 88.52 |
| - Guarayos | 4.2 | 47.16 |
| - Preandino Amazónico | 4.1 | 77.09 |
| - Amazonía | 8.8 | 115.54 |

Fuente: STCP (2000)

Las áreas forestales en producción disminuyeron de 22.5 millones de hectáreas a aproximadamente 5.7 millones de hectáreas (Superintendencia Forestal 1999), aspectos que según el STCP Ingeniería de Proyectos 2000, se debe a: la escasa flexibilidad técnica, las obligaciones económicas de la nueva Ley Forestal (Patentes), la ausencia de políticas e incentivos para captar inversiones, la ausencia de seguridad jurídica, además de factores externos como la falta de competitividad de la industria forestal boliviana. La disminución en superficie de las áreas de concesión está relacionada fundamentalmente a la falta de incentivos para el manejo forestal sostenible y a una visión empresarial maderera de corto plazo, cuando las mayores ganancias se pueden lograr en el largo plazo con actividades forestales sostenibles.

STCP Ingeniería de Proyectos (2000) señala que la producción de trozas muestra un crecimiento poco acentuado en la década del 90. Además, basado en informaciones oficiales, la producción de trozas en Bolivia es del orden de 500 mil m³/año, donde es importante destacar también, que Bolivia dispone de una cantidad de madera de 317 millones de m³.

Cuadro 3.5 Potencial de producción sostenida de madera (trozas) en Bolivia

| REGIÓN | ÁREA (millones Ha) | PRODUCCIÓN SOSTENIDA (millones de m3/año) |
|-----------------------|-------------------------------|--|
| - Bajo Paraguá | 2.7 | 2.7 |
| - Chiquitania | 4.4 | 4.4 |
| - Choré | 1.1 | 1.1 |
| - Guarayos | 2.9 | 2.9 |
| - Preandino Amazónico | 2.8 | 2.8 |
| - Amazonía | 6.1 | 6.1 |
| TOTAL | 20.0 | 20.0 |

Fuente: STCP (2000)

Con una capacidad sostenida de 20 millones de m³ de madera/año, se trata de una producción significativa, correspondiente al 18 % de la producción actual mundial de madera tropical en troza.

3. BARRERAS EXISTENTES PARA LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL SECTOR FORESTAL Y CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA

La transferencia tecnológica que podría ser aplicada a través de la transferencia o creaciones propias de tecnologías puede tener diversos obstáculos o interferencias, que se constituyen en barreras. Las mismas pueden contemplar varios ángulos en la apreciación de constitución, la forma de acciones que desarrolla y los posibles receptores.

La experiencia global en generación de tecnología y la transferencia en el sector forestal, es limitada comparada con otros sectores como los de agricultura y energía. Entre los mecanismo estructurales constituidos más importantes en Bolivia que juegan un rol de interacciones en la nación para los aspectos de tecnología, se pueden mencionar al Estado, al sector privado y a los sectores sociales.

Las instituciones involucradas en la transferencia de tecnología, la que puede constituir una contribución o mejora en el desarrollo limpio, pueden sintetizarse en el cuadro 3.6. donde su accionar pueden considerar barreras, cuyo conocimiento fundamental puede ser utilizado en la búsqueda de estrategias para sobrepasar las mismas. Vale decir que en este aspecto se han tomado en cuenta instituciones multilaterales, bilaterales, instituciones forestales del Estado, instituciones de investigación propiamente dichas, además del sector de industrias privadas, los organismos no gubernamentales (ONGs) y la sociedad civil.

Cuadro 3.6 Barreras consideradas en el sector forestal de Bolivia relacionadas con el cambio climático y la disminución de emisiones de GEI.

| Barreras sobre la transferencia de tecnología en el sector forestal | | | |
|---|--|--|--|
| Instituciones y sectores | Algunos ejemplos | Características | Barreras |
| Multilaterales | BM, FAO, GEF, CIFOR, IUFRO, CAF, BID, cooperación internacional | Apoyo financiero y asistencia técnica, apoyo con criterio comercial y no comercial | <ul style="list-style-type: none"> . Rol limitado . Asistencia técnica y financiera específica . Criterios comerciales en su asistencia . Experiencia en un ámbito diferente al local . Presencia no permanente |
| Bilaterales | Asistencia de países | Asistencia técnica y financiera | <ul style="list-style-type: none"> . Asistencia técnica y financiera limitada, muy específicas en ciertos temas . Experiencia limitada . Influencia de donantes |
| Instituciones forestales | MDSP, Dirección Forestal, Superintendencia Forestal, Unidades Forestales en Prefecturas y Municipios, FONABOSQUE | Instituciones del Estado | <ul style="list-style-type: none"> . Carencia de investigación forestal o muy limitada |
| Instituciones de investigación | Universidades, Empresas madereras, Bolfor, Probona, | Apoyo a las investigaciones | <ul style="list-style-type: none"> . Prácticamente insuficientes . Roles limitados. No existe |

| | | | |
|---------------------------------|--|--|--|
| | CIAT | | financiamiento para la investigación sostenible . Carencia de investigadores. |
| Industrias privadas | Industrias madereras y de productos forestales no maderables | Transferencia comercial y de beneficios | No realizan investigación, su transferencia tecnológica es local o basado en ejemplos externos |
| Sociedades de riesgo compartido | Industrias madereras nacionales con industrias internacionales | Asistencia técnica y financiera | Asistencia limitada |
| ONGs | CI, WWF, TNC CARE, ONGs nacionales e internacionales | Asistencia técnica y financiera | Asistencia específica limitada |
| Organizaciones sociales | Organizaciones campesinas e indígenas, poblaciones rurales | Organizaciones de características sociales | Sin posibilidades para apoyar al sector forestal, no cuentan con recursos económicos |

Fuente: Elaboración propia.

Entre las barreras generales se pueden indicar: la falta de recursos económicos, la capacidad técnica limitada, ausencia de políticas de investigación y transferencia tecnológica, carencia de estructuras institucionales adecuadas, la inadecuada información sobre el costo beneficio de la investigación y la transferencia tecnológica, el desconocimiento sobre la potencialidad de secuestro de carbono por el largo plazo en el sector forestal, la transferencia de algunas tecnologías con bajos retornos económicos y la incomprensión sobre el verdadero valor ambiental. En el sector forestal existe mayor influencia o se favorece más las políticas macroeconómicas como la relacionada al cambio de uso de la tierra (los ejemplos de las grandes y significativas deforestaciones se observan en Santa Cruz y otros departamentos del país) y el sistema de tenencia en el sector forestal, la que por cierto es ya que existe una tendencia a favor de la agricultura, por el criterio del corto plazo en la obtención de alimentos (agricultura y ganadería), en detrimento de los bosques.

La falta de financiamientos y la falta de capacidad técnica limitan las posibilidades de proyectar los aspectos relacionados a la creación y fortalecimiento de sumideros de carbono y sus efectos beneficiosos para el cambio climático. Bolivia tiene una reducida capacidad para participar en proyectos de investigación internacional, por aspectos concernientes a la falta de financiamiento y a la escasa formación de profesionales.

En Bolivia, existen pocas posibilidades de poner en práctica experiencias sobre el cambio climático a nivel local, por los problemas financieros y técnicos. La investigación en los bosques no sólo tiene escasos recursos económicos, sino que también falta una visión integrada y multidisciplinaria en la visión respecto a esta temática. La investigación apoyada por la industria forestal es inexistente debido, fundamentalmente, a la falta de comprensión del sector privado, respecto a que la investigación es, de cierta forma, una inversión a largo plazo.

El sector forestal y los aspectos relacionados con los GEI requieren de una amplia investigación que normalmente no existe en el país. El objetivo forestal para mitigar el cambio climático y el manejo sostenible de los bosques generan mayor desafío para Bolivia, los cuales deben ser monitoreados y verificados, para constituirse en la clave de la credibilidad, permitiendo obtener beneficios y reducir la deforestación.

Las formas como se transfieren las tecnologías pueden significar también interferencias o barreras. Aquellas que poseen un costo, normalmente llegan a pocos usuarios y elevan el nivel de los procesos que, en algunos casos, tienen valores altos que hacen inviable una aplicación tecnológica. Otras tecnologías que se difunden de manera general sin costos o con valores mínimos en gran parte de los casos, son tecnologías obsoletas que pueden generar pérdidas en vez de ganancias.

Las diferentes formas de barreras pueden ser: culturales, socio-económicas, tecnológicas, ambientales, de legislaciones y formas de administración.

3.1 CULTURALES

Las barreras culturales forman parte del amplio espectro de la falta o carencia de conocimientos sobre desarrollo tecnológico. En Bolivia no existe una cultura de la investigación forestal, lo que ha propiciado en términos generales el aprovechamiento forestal insostenible desde los procesos de extracción selectiva, hasta los grandes niveles de cambios de las tierras con bosques hacia tierras para actividades agropecuarias, sin considerar el verdadero potencial de uso de las tierras. Aspectos que propician altos niveles de emisiones de GEI y que para solucionar las mismas es necesario:

- Propiciar un mayor nivel de cultura especialmente sobre los aspectos del cambio climático y los efectos por emisiones de GEI, los cuales pueden ser desarrollados incorporando en los diferentes niveles de la educación materias o cursos especializados sobre la temática del cambio climático, además de la necesidad de preparar más los recursos humanos especializados, fomentar la investigación y difundir información pertinente.
- Establecer centros de investigación, con la infraestructura y el equipamiento necesario.
- Canalizar financiamientos y asistencia técnica especializada.

3.2 SOCIO - ECONÓMICAS

Las barreras en el ámbito socio – económico están relacionadas a la extrema pobreza, bajos niveles de educación y crisis económicas, como causa y a la vez efecto de los grandes problemas de deforestación. Todos éstos son aspectos que generan una influencia fundamental en el aumento de los niveles de emisión de GEI. Para solucionar en parte esta barrera se propone:

- Establecer políticas y acciones gubernamentales que disminuyan o terminen con la pobreza, a través de la generación de empleo como efecto del establecimiento de industrias y actividades económicas sostenibles.
- Propiciar incentivos para el desarrollo industrial sostenible.

- Impulsar una mejor alimentación, educación y salud con características de beneficios sociales por parte del estado.
- Propiciar el uso apropiado de los recursos naturales renovables y no renovables a favor de la población, estableciendo la necesidad del manejo por parte del Estado de los recursos naturales estratégicos, considerando los beneficios de los mismos para las futuras generaciones.

3.3 TECNOLÓGICAS

Este tipo de barreras en Bolivia está relacionada a la carencia de investigación forestal adecuada, donde la falta de las mismas limita, por ejemplo, las posibilidades de contar con capacidad técnica para participar adecuadamente en proyectos de investigación sobre el cambio climático, impidiendo adaptar además los resultados de transferencia de la investigación bajo otros contextos, hacia el nivel local. La investigación en los bosques no sólo tiene carencia de recursos económicos y humanos, sino que también no ha sido suficientemente interdisciplinario para proveer una apropiada visión integrada del sector forestal. Las inadecuadas tecnologías promueven emisiones importantes de GEI, algunas propuestas para sobrepasar estas barreras son:

- Establecimiento a nivel nacional de centros de investigación para la creación y transferencia tecnológica.
- Propiciar financiamientos significativos para garantizar la sostenibilidad de los centros de investigación.
- Formar los recursos humanos necesarios y especializados para proyectar la investigación, la creación y la transferencia tecnológica para disminuir o evitar las emisiones de GEI.

3.4 AMBIENTALES

Las barreras ambientales están constituidas por la significativa diversidad de ecosistemas, una gran variedad de especies forestales, más de 2.000 especies forestales en el territorio nacional, con niveles de coeficiente de mezcla que varían entre 1/3 y 1/5, lo que refleja los altos niveles de heterogeneidad en los bosques tropicales y subtropicales. Este tipo de barreras sólo puede ser sobrepasado a través de:

- Mejoramiento de los niveles de conocimiento e investigación sobre los recursos naturales, el medio ambiente y el cambio climático a nivel nacional.
- La aplicación de apropiados sistemas de manejo sobre los recursos naturales, que garanticen su apropiada utilización y sostenibilidad.
- Canalización de recursos económicos y humanos al apropiado desarrollo de los recursos naturales y el cuidado del medio ambiente.
- Mejoramiento de los niveles de educación.

3.5 LEGALES

Las legislaciones forestales, en general, no han podido establecer niveles de ejecución práctica de las actividades forestales a nivel de trabajos silviculturales y de manejo forestal sostenible, así como lo relativo a trabajos apropiados de aprovechamiento forestal de bajo impacto y niveles de industrialización eficientes. La debilidad del sector forestal se hace evidente por el aumento de procesos informales, aspectos en muchos casos no tomados en cuenta dentro de las proyecciones de las actividades forestales. Se constituye en barrera cuando las legislaciones sobre los aspectos forestales no son apropiadas para el desarrollo sostenible del país, por lo que sobrepasar estas barreras requiere de:

- Establecimiento de apropiadas legislaciones forestales y agrarias que posibiliten la participación de todos los sectores involucrados con derechos y responsabilidades.
- La elaboración de leyes apropiadas, realistas y prácticas para que promuevan desarrollo sostenible.
- La elaboración de reglamentos y normas apropiados para las características del país y su población, de manera sencilla y práctica.

3.6 ADMINISTRATIVAS

Las barreras administrativas forestales se observan en la carencia o escasez de recursos económicos, en la falta de personal profesional especializado en las diferentes instancias administrativas y en los niveles de percepción completamente reducidos que se tienen sobre el sector forestal. Para sobrepasar este tipo de barreras se requiere de:

- Establecimiento de estructuras administrativas nacionales, departamentales y municipales, interactuando a nivel vertical y horizontal.
- Fortalecimiento de la estructura administrativa pertinente.
- Canalización de financiamientos para la sostenibilidad administrativa.
- Utilización de recursos humanos profesionales con experiencia y capacidad.

4. PROPUESTA DE NECESIDADES DE TECNOLOGÍAS PARA DISMINUIR LAS EMISIONES DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR FORESTAL Y CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA.

4.1 SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

a) Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas.

a.1 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar, propietarios privados con tierras - bosques en concesiones forestales.

La realización de actividades silviculturales y de manejo forestal en el ámbito de actividades previas, simultáneas y posteriores de un desarrollo tecnológico involucran diferentes recomendaciones.

a.1.1 Actividades previas:

En la planificación y elaboración de inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas en propiedades privadas o concesiones con superficies mayores a 200 hectáreas, la norma técnica para la elaboración de instrumentos de manejo forestal según Resolución Ministerial N° 62/97 (MDSMA, 1997) indica que se deben tomar en cuenta la descripción biofísica, los aspectos socio-económicos y demográficos; la estructura y composición del bosque; el sistema de manejo forestal; la ordenación forestal; las operaciones de aprovechamiento y la red de caminos; las disposiciones generales sobre la industria; las disposiciones sobre productos no maderables; las disposiciones sobre silvicultura; la administración de la unidad de manejo; el potencial del bosque y análisis de inversiones; la vigencia del plan y períodos de revisión; el plan anual operativo de aprovechamiento; el plan anual operativo de silvicultura; la elaboración de mapas de ubicación territorial, vegetación o cobertura; las unidades administrativas o divisiones, y los compartimentos y sub-compartimentos del bosque productivo, además de los mapas operativos.

También se menciona que el diseño del muestreo para la vegetación arbórea, para un diámetro a la altura del pecho de 20 cm, según la norma del MDSMA 1997, indica que debe realizarse un muestreo sistemático de árboles por parcelas fijas, conglomerados de parcelas fijas o conglomerados de parcelas variables, con un número mínimo de 100 unidades de muestreo de acuerdo a intensidades mínimas y tamaño de unidades de muestreo.

En relación al diseño de muestreo para la regeneración natural, la norma del MDSMA 1997, señala que se deben considerar fustales (árboles con DAP igual o mayor a 10 cm y menor a 20 cm), latizales (árboles con DAP igual o mayor a 5 cm y menor a 10 cm) y brinzales (árboles con altura igual o mayor a 1.30 m y con DAP menor a 5 cm). El muestreo de la regeneración natural se realiza mediante un submuestreo dentro de las

unidades que conciernen a este campo, con superficies de sub-parcelas no menor a 49 m² para fustales, 9 m² para latizales y 1 m² para brinzales.

Romero 1986, menciona que la evaluación de la regeneración natural otorga algunas apreciaciones generales sobre la composición actual del bosque por lo que recomienda utilizar parcelas de 10 x 10 m para plantas entre 11 y 27.5 cm de DAP; 5 x 5 m para plantas que posean una altura mayor de 300 cm, pero menor de 10 cm de DAP, 2 x 2 m para plantas entre 1 y 300 cm de altura.

La realización del inventario total de la unidad de manejo forestal posibilita conocer las especies arbóreas que se van a cortar, su localización y el volumen de los mismos, por lo que, teóricamente, en términos de actividades previas para la silvicultura y el manejo forestal se tendrían parte de las necesidades tecnológicas requeridas. Sin embargo, la enorme cantidad de información precisada, sin estudios previos y exhaustivos, sólo utilizaría información bibliográfica, por lo que sería importante establecer los puntos de acción fundamentales para el desarrollo de una apropiada planificación y posterior ejecución del plan de manejo forestal. Además, debe señalarse que todavía se carece de estudios necesarios que en las fases previas complementen el conocimiento de las especies forestales, entre las cuales se requiere:

- Información necesaria para el plan de manejo forestal que es fundamental para contar con fotografías aéreas e imágenes de satélite a escalas mayores y actualizadas.
- Estudio de la silvicultura de las especies forestales aprovechadas actualmente y en el futuro.
- Monitoreo de los árboles semilleros que se establecen según el plan de manejo forestal.
- Conocimiento de las características y propiedades tecnológicas de las maderas.
- Estudio de las características de los productos forestales no maderables.
- Estudios de la regeneración natural.
- Estudios de estructura y dinámica de especies.
- Estudios dendrológicos de las especies forestales.
- Determinación de la regeneración natural para el manejo de la misma.
- Determinar los periodos y condiciones de corte más efectivas de las especies forestales.

a.1.2 Actividades simultáneas:

En las actividades silviculturales y de manejo forestal simultáneas, el corte y tumbado de los árboles debe ser mejorado a través de las siguientes tecnologías de desarrollo limpio:

- Preparación para el corte de bajo impacto, que significa determinar la dirección de caída de los árboles, que produzca el menor impacto posible en la vegetación aledaña.
- Corte de algunos árboles que pueden afectar la dirección de caída prevista.
- Determinar la regeneración natural cercana al corte de los árboles para propiciar su manejo.
- Desarrollar sistemas de corte de los árboles eficientes, que posibiliten el óptimo aprovechamiento, con un corte lo más próximo al nivel del suelo.
- Establecer sistemas de desramado y troceado con optimización para su aprovechamiento.
- Aprovechar en lo posible la mayor parte de la madera de los árboles cortados.
- Establecer la ruta más adecuada y de menor impacto para el arrastre de las troncas por el tractor.
- Propiciar la colecta de muestras de herbario para la identificación botánica de las especies.

a.1.3 Actividades posteriores:

El desarrollo de actividades silviculturales y de manejo de bosques, posteriores al corte y tumbado de árboles actualmente realizado, requiere de mejoras tecnológicas. Entre ellas:

- Restitución de la vegetación natural afectada y de las condiciones del área intervenida.
- Manejo de la regeneración natural, como sistema silvicultural, ya sea natural o inducido.
- Establecimiento de sistemas de plantaciones forestales y sus variantes como las plantaciones de enriquecimiento forestal bajo dosel protector.

Para el sistema de manejo forestal, se pueden establecer sistemas policíclicos o monocíclicos, que en el contexto ecológico y económico garanticen la producción sostenible a largo plazo. La corta anual permisible depende del área total, del ciclo de corta y el diámetro mínimo de las especies forestales, tomando en consideración el volumen actual, el crecimiento y la capacidad de regeneración del bosque.

Romero 1986, señala que el plan silvicultural constituye la aplicación de técnicas para la regeneración y el mejoramiento de los bosques que se integran dentro del plan de manejo del área bajo contrato de extracción forestal, a fin de asegurar la disponibilidad de los volúmenes de madera comercial para los años futuros en base a los conceptos de sostenibilidad. El aprovechamiento de los bosques produce una significativa alteración en su composición, en donde los mecanismos de restitución natural incentivan el desarrollo de especies forestales de menor valor desde el punto de vista comercial.

El bosque intervenido constituye un bosque empobrecido en especies valiosas que han sido aprovechadas de manera selectiva, por lo que es importante la aplicación de técnicas silviculturales. El desarrollo de un plan silvicultural está orientado a asegurar la continuidad del recurso forestal y el mejoramiento de la productividad del bosque, proponiendo el establecimiento de sistemas de acuerdo a objetivos previamente considerados.

El manejo de la regeneración natural inducida, o sea con intervención del hombre, significará tratar de mantener la composición florística favoreciendo a las especies de adecuado valor comercial, basados en características de regeneración de las especies. El establecer cómo comúnmente se realiza la regeneración natural espontánea para utilizar la potencialidad de las especies que conforman el bosque, significa que normalmente se regeneren más las especies de menor valor comercial.

Menciona Romero 1986, un ejemplo sobre la alternativa de la regeneración natural, sobre el Bajo Calima en Colombia, en un bosque húmedo a bosque pluvial tropical, con una precipitación de 7.470 mm y suelos entisoles, donde el manejo de la regeneración natural, orientado para el aprovechamiento forestal para celulosa, se ha mostrado efectivo después de una tala rasa y extracción de la madera con el sistema de cables aéreos, la regeneración natural a los 15 años, sin intervención humana, logrando producir 54 m³/Ha, lo que significa la mitad del volumen existente en el bosque primario (108 m³/ha).

a.2 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a los campesinos - colonizadores (propiedades familiares y áreas de la comunidad) y poblaciones rurales.

Las necesidades de cambios tecnológicos, para el desarrollo limpio son fundamentales en relación al desarrollo de actividades de las comunidades campesinas - colonizadores. Se pueden tomar en consideración dos aspectos relacionados con el aprovechamiento: uso del bosque a nivel de necesidades familiares y convenios con empresas madereras para aprovechamiento forestal de tipo comercial.

a.2.1 En relación a las actividades silviculturales y de manejo forestal previos al corte de árboles, las tecnologías de desarrollo limpio que deben tomarse en cuenta son:

- Localización del área de aprovechamiento en el contexto del desarrollo de planes de manejo forestal, para propiciar un aprovechamiento por unidades pequeñas de manejo forestal. Para el caso de aprovechamientos forestales de uso familiar, deben establecerse los árboles a ser cortados.
- Aprovechamiento de la unidad forestal familiar o del área forestal de la comunidad, en la que deben considerarse la identificación de especies forestales, el marcado y conservación de árboles semilleros y la determinación de áreas de regeneración natural.

a.2.2 Las actividades silviculturales simultáneas que deben tomarse en cuenta son:

- La preparación del aprovechamiento de bajo impacto, considerando el cuidado de la vegetación circundante y las acciones para evitar mayores daños.

a.2.3 A nivel de las actividades silviculturales posteriores se pueden nombrar:

- Restitución de la vegetación afectada.
- Aplicación de sistemas de manejo forestal (regeneración natural, sistemas de enriquecimiento forestal).

a.2.4 En lo relacionado al desmonte, bajo el esquema de chaqueo y quema, el campesino - colonizador va avanzando gradualmente en el área familiar o de la comunidad; por lo tanto, las actividades silviculturales previas para el mejoramiento tecnológico deben contemplar los siguientes aspectos:

- Determinación de la capacidad de uso de la tierra, por medio de la cual sólo se podrá realizar cambio de uso del suelo en aquellas áreas apropiadas para agricultura, conservando las áreas de bosques.
- En la práctica del Chaqueo y quema, considerar aspectos técnicos relacionados al chaqueo de áreas adecuadamente delimitadas donde, por eficiencia y optimización, se pueda aprovechar la madera de los árboles cortados, el establecimiento de fajas cortafuegos, el amontonamiento de los residuos para su secado y quemado, así como el control del quemado en todo el tiempo que se requiera.

a.2.5 En relación a las actividades silviculturales simultáneas, en el contexto de chaqueo y quema, el mejoramiento tecnológico consistiría en:

- Evitar el desarrollo de las prácticas de chaqueo y quema generalizadas o la delimitación de áreas restringidas para dicho efecto.

a.2.6 Las actividades silviculturales posteriores están determinadas por los períodos de tiempo de barbecho o de mantener el área sin intervención y bajo crecimiento de la regeneración, hasta conformar un bosque de características secundaria, donde los procesos de mejoramiento tecnológicos están referidos a:

- Manejo de los barbechos y del bosque secundario.

a.3 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a comunidades indígenas.

a.3.1 Actividades silviculturales previas al corte de árboles, para un mejoramiento tecnológico:

- Determinación de las áreas de aprovechamiento de árboles para uso familiar o de la comunidad indígena, bajo planes de manejo forestal sencillos y prácticos.
- Evaluación de la regeneración natural.
- Identificación de las especies forestales.

a.3.2 Actividades silviculturales simultáneas al aprovechamiento de los árboles, para mejoramiento tecnológico:

- Establecimiento de medidas de corte de bajo impacto en relación a la determinación de áreas con regeneración natural y cuidado de la vegetación aledaña al corte de árboles.

a.3.3 Actividades silviculturales posteriores al aprovechamiento, en cuanto al mejoramiento tecnológico:

- Establecimiento de sistemas de manejo silvicultural (regeneración natural, plantaciones de enriquecimiento y agroforestería).

a.4 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a actividades en áreas protegidas.

En las áreas protegidas, las actividades silviculturales deberían dedicarse fundamentalmente a restituir zonas intervenidas en el pasado para revegetar lugares de corte de árboles y áreas dañadas por intervenciones. Sin embargo, la mayor actividad puede desarrollarse en las zonas de influencia de las áreas protegidas o zonas de amortiguamiento que rodean a las áreas protegidas, es decir, donde las actividades silviculturales pueden realizarse en las fases previas, simultáneas y posteriores, de acuerdo a lo establecido en el aprovechamiento para ASLs y propiedades.

b) Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles.

b.1 Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles en relación a empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar y propiedades privadas.

El desarrollo de tecnologías limpias en la región de los **yungas**, concretamente dentro de los aspectos de silvicultura y de manejo de bosques, se relaciona a los siguientes aspectos:

b.1.1 Actividades previas

- Planificación de las actividades forestales de acuerdo a normas. Tomando en consideración el plan general de manejo, la descripción general, la estructura y composición del bosque, el sistema de manejo, la ordenación, disposiciones generales sobre el aprovechamiento, las disposiciones generales sobre la industria, las disposiciones generales sobre productos forestales no maderables, las disposiciones generales sobre silvicultura y los planes operativos.
- Preparación de las áreas de corte, en base a las unidades de manejo anual, determinando lugares de regeneración natural.
- Localización de árboles semilleros.
- Identificación de especies.
- Estudio de la silvicultura de especies.
- Características y propiedades de las especies forestales.

b.1.2 Actividades simultáneas

- Corte de árboles de bajo impacto, evitando al máximo el daño sobre la vegetación.
- Corte de árboles optimizando el aprovechamiento y la utilización de una adecuada orientación de caída.

b.1.3 Actividades posteriores

- Restitución de los daños originados por la caída de los árboles.
- Aplicación de sistemas silviculturales.

En la región de los **valles** el aprovechamiento forestal se produce en pequeñas cantidades y la actividad silvicultural es realizada por las poblaciones en el marco de las mejoras tecnológicas, donde pueden observarse los siguientes aspectos:

b.1.4 Actividades previas

- Determinación de áreas para desarrollar plantaciones.
- Preparación de hoyaduras.

b.1.5 Actividades simultáneas

- Corte de árboles en áreas de plantaciones.
- Desarrollo de cortes de bajo impacto, cuidado del suelo y de las áreas aledañas.

b.1.6 Actividades posteriores

- Desarrollo de plantaciones forestales.
- Utilización de rebrotes o macollaje.

b.2 Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles en relación a comunidades campesinas - colonizadores y pobladores rurales.

En la región de **yungas** se realiza el cambio y uso de la tierra por parte de los campesinos - colonizadores, a través de una rotación en las unidades familiares y comunales, por medio de la cual se desbosca entre 1 a 2 ha. anuales para periodos de utilización de 3 a 5 años.

La conversión de las tierras con bosques hacia tierras de agricultura es realizada a través de procesos de chaqueo y de quema. En el marco de este proceso las actividades silviculturales sólo se manifiestan en las etapas posteriores al corte de los árboles, por la cual las tierras abandonadas después de actividades agrícolas entran en un periodo de barbecho. Las propuestas de mejoras tecnológicas deben tomar en cuenta:

b.2.1 Actividades previas y simultáneas

- Procesos más controlados y eficientes del chaqueo y quema que se limiten a áreas determinadas, propiciando el aprovechamiento de los recursos forestales maderables y no maderables.
- Seguimiento de normas establecidas sobre chaqueo y quemas.
- Determinar a través de inventarios rápidos la presencia e identificación de especies.
- Considerar la cosecha previa de semillas y el desarrollo de herbarios forestales para identificación y clasificación de especies forestales.

b.2.2 Actividades posteriores

- Establecimiento del manejo de barbechos y bosques secundarios.
- Enriquecimiento de bosques secundarios.

En la región de **valles interandinos**, las actividades silviculturales se manifiestan en las diferentes etapas, considerando el aprovechamiento de maderas de las plantaciones forestales existentes. El mejoramiento de tecnologías de desarrollo limpio puede impulsar las siguientes acciones:

b.2.3 Actividades previas

- Preparación de nuevas áreas de plantación en base a objetivos de forestación y reforestación que tiendan a incorporar industrias forestales.
- Incorporar a la población rural a las actividades de forestación y reforestación.
- Planificar el desarrollo de actividades de forestación y reforestación, considerando el adecuado conocimiento de la silvicultura de las especies forestales utilizadas.

b.2.4 Actividades simultáneas

- Aprovechamiento eficiente y optimización del árbol.
- Restitución de la vegetación a través de sistemas de rebrote o de plantaciones forestales.

b.2.5 Actividades posteriores

- Manejo silvicultural de los rebrotes y de las plantaciones forestales.
- Establecimiento de sistemas agroforestales.
- Incrementación de las superficies de plantaciones.

b.3 Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles en relación a las comunidades indígenas.

Las comunidades indígenas en relación a las actividades silviculturales y de manejo forestal, tomarán en cuentas las normas pertinentes, pero fundamentalmente podrían incorporar en las actividades previas al aprovechamiento, lineamientos de corte de bajo impacto, del mismo modo en las actividades simultáneas al aprovechamiento forestal. Las actividades silviculturales, posteriores al aprovechamiento forestal, deberán considerar los sistemas de enriquecimiento forestal y los sistemas agroforestales.

c. Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano)

c.1 Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano) en relación a empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar y propietarios privados

Las actividades silviculturales y de manejo forestal en la región del altiplano podrían generar importantes aportes al mecanismo de desarrollo limpio, considerando la potencialidad de realizar actividades de forestación y reforestación.

c.1.1 Para las actividades previas al aprovechamiento forestal, se pueden tomar en cuenta:

- La zonificación de áreas para plantaciones.
- El establecimiento de infraestructura de riego para las plantaciones, reservorios de agua, canales de riego, etc.
- El establecimiento de viveros forestales.

c.1.2 Para las actividades simultáneas al manejo forestal, se debe tomar en cuenta:

- La sostenibilidad de la plantación, en especial los turnos de aprovechamiento y los cortes optimizados.

c.1.3 En las actividades silviculturales posteriores al aprovechamiento, se puede considerar:

- El manejo de rebrotes para algunas especies forestales.
- El establecimiento de plantaciones forestales.
- La utilización de sistemas agroforestales y cortinas rompevientos, entre otros.

c.2 Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano) en relación a comunidades campesinas y/o indígenas, poblaciones rurales

Las comunidades campesinas a través de la forestería comunitaria podrían constituirse en actores principales para el desarrollo de la forestación y reforestación en zonas determinadas y delimitadas de sus tierras, con el fin de garantizar nuevos ingresos, permanentes y sostenibles, además de considerar los beneficios de sistemas agroforestales.

Las actividades previas deben tomar en cuenta para la silvicultura, la zonificación de áreas de plantación, el establecimiento de viveros comunales y la selección de especies forestales. Durante la fase simultánea al aprovechamiento forestal se necesitan considerar los sistemas de manejo forestal, los turnos de corta y la corta eficiente. Para las

actividades posteriores se pueden considerar el desarrollo de plantaciones, sistemas agroforestales y manejo de bosques nativos.

4.2 APROVECHAMIENTO FORESTAL

a) Región tropical, subtropical y templada de tierras

a.1 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar, propietarios privados.

El aprovechamiento forestal por empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar y propietarios privados debe ser considerado en el marco del desarrollo de tecnologías limpias, donde se resaltan las siguientes actividades:

- Acciones generales de corte de bajo impacto.
- Tala o corte direccional.
- Minimizar el daño causado al tronco.
- Minimizar el daño causado a la masa residual.
- Facilitar la extracción de la troza.
- Verificación del estado sanitario del árbol.
- Determinar la inclinación del árbol.
- Determinar la dirección del viento.
- Determinar el sector factible de caída del árbol.
- Identificar posibles obstáculos.
- Considerar la preparación de una ruta de escape.
- Cortar lianas y trepadoras previamente.
- Establecer las rutas de extracción, así como el equipo que propicie el menor daño posible.

a.2 Región Tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a los campesinos – colonizadores y poblaciones rurales.

En relación al aprovechamiento forestal realizado por campesinos – colonizadores, se deben observar las mismas características descritas, las que deben tomarse en cuenta al

nivel poco significativo del aprovechamiento. Sin embargo, para las actividades de chaqueo y quema se deben tomar en cuenta:

- Delimitar el área de chaqueo.
- Aprovechar eficientemente los recursos forestales cortados.
- Cortar la vegetación remanente y amontonar en sectores para su quema.
- Establecer fajas cortafuegos.
- Dejar secar el material cortado.
- Propiciar la quema bajo control del dueño de la parcela y contar con el apoyo de los vecinos.

a.3 Región tropical, subtropical y templada de tierras bajas en relación a las comunidades indígenas.

El aprovechamiento forestal con las comunidades indígenas se realiza en pequeña escala, con excepción de los proyectos que promueven el uso comercial a través del establecimiento de aserraderos. Para este caso, se deben seguir las mismas indicaciones que para las empresas. En caso de desarrollar chaqueos y quemas se deben tomar en cuenta las recomendaciones establecidas para las comunidades campesinas.

b) Región subtropical y templada de tierras de yungas y valles

b.1 Región subtropical y templada de tierras de Yungas y valles en relación a empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar y propiedades privadas.

Para este caso se deben reconocer las condiciones de mayor dificultad por el tipo de terreno en pendiente, considerando las recomendaciones generales para el aprovechamiento forestal establecidos para empresas forestales, donde es fundamental considerar en las actividades posteriores al corte, el uso de cables para transporte de la madera o la utilización de plataformas de deslizamiento.

b.2 Región subtropical y templada de yungas y valles en relación a comunidades campesinas y/o indígenas, poblaciones rurales.

Las comunidades campesinas e indígenas deberán tomar las mismas prescripciones que en el corte realizado por las empresas. Sin embargo, se pueden considerar aspectos de aprovechamiento sólo de uso familiar o los aprovechamientos de uso comercial cuando se incorporan actividades compartidas con empresas, para lo cual es fundamental tomar en consideración que el daño al bosque en el aprovechamiento debe ser el menor posible, considerando las recomendaciones generales.

c) Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano)

c.1 Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano) en relación a empresas forestales, agrupaciones sociales del lugar y propietarios privados.

Las características de corte en esta región se remiten a plantaciones forestales, las que deben cumplir las recomendaciones generales, tomando en cuenta que las áreas de aprovechamiento ponen al descubierto el suelo, donde es fundamental implementar lo más rápido posible los sistemas silviculturales que restituyan la vegetación forestal.

c.2 Región subtropical y templada de tierras altas (altiplano) en relación a comunidades campesinas y/o indígenas, poblaciones rurales.

Para las comunidades campesinas y/o indígenas el establecimiento de plantaciones forestales y su aprovechamiento significan un potencial mejoramiento en su nivel de vida, por lo que se hace necesario establecer una asistencia técnica permanente, así como las facilidades o incentivos para actividades de forestería comunitaria.

En general, las recomendaciones para el aprovechamiento forestal sostenible podrían ser las siguientes:

ACTIVIDADES

RECOMENDACIONES

Planificación

En el marco del manejo forestal sostenible, el aprovechamiento debe ser realizado en unidades de manejo anual, posibilitando la utilización integral de acuerdo a los diámetros mínimos de corte, establecimiento de árboles semilleros y aprovechamiento forestal de bajo impacto. Establecer menores tasas de deforestación y promover políticas para disminuir la deforestación (PNCC2000 a)

Aprovechamiento forestal

Establecer apropiadamente la dirección de caída del árbol, considerar el menor daño posible para la vegetación remanente, realizar cortes adicionales de árboles que puedan ser posibles obstáculos a la caída normal del árbol requerido, realizar el corte con el nivel más bajo de tocón, realizar un corte de trozas adecuado al transporte, aprovechar el máximo de ramas y otras partes del árbol, minimizar los daños a la vegetación por la utilización de los medios de extracción (tractor forestal, cables, deslizadores, etc.), limpieza de daños por caída de ramas sobre otros árboles, recuperación de regeneración natural,

aprovechamiento integral de los árboles en las zonas de chaqueo, establecimiento de caminos forestales adecuadamente construidos, capacitación y control permanente del personal. Reducir los niveles de aprovechamiento forestal.

4.3 INDUSTRIAS FORESTALES

Las industrias forestales analizadas en el capítulo 2 corresponden a ejemplos generales de actividades mayormente desarrolladas a nivel de Bolivia, donde la incorporación de tecnologías de desarrollo limpio contribuyen a menores emisiones de GEI a través de una utilización eficiente, optimizada, integral y con valor agregado, que evite mayores intervenciones en el bosque y acumulación de residuos. A continuación se plantean las necesidades de tecnología de diferentes actividades propias de la industria forestal.

a) Aserraderos

ACTIVIDADES

RECOMENDACIONES

- | | |
|--|---|
| - Procesamiento de la madera | Establecer niveles de eficiencia en la utilización de las maderas, con el fin de evitar residuos o desperdicios que luego son quemados (especialmente en el manejo de las trozas desde el bosque al aserradero, control sistematizado sobre la madera cortada, cortes eficientes en el aserradero, apropiado secado de madera). |
| - Utilización integral de la madera | Propiciar el uso completo de la madera, en base al establecimiento de diferentes líneas de producción objetos con valor agregado. |
| - Eficiencia en los sistemas de transporte y acomodo en la fábrica | Sistematizar apropiadamente los movimientos de los tractores y camiones, evitando el uso de combustible y la generación de emisiones. |

b) Paneles compensados

ACTIVIDADES

RECOMENDACIONES

- Proceso de fabricación del panel
Selección apropiada de las trozas de madera, de las especies forestales y de los sistemas de procesamiento (niveles de temperatura y duración para el ablandamiento de las maderas en las pozas, eficiencia en el proceso de debobinado, secado, encolado, prensado y dimensionado), eliminación de movimientos extras de los equipos de transporte y acomodo en la planta.
- Optimización en la utilización del caldero
Considerar la utilización de biomasa proveniente de plantaciones forestales sostenibles
- Control del movimiento de equipos
Sistematizar el uso de tractores y camiones en la fábrica evitando gastos de combustible y emisiones.

c) Chapas decorativas

ACTIVIDADES

RECOMENDACIONES

- Proceso de fabricación de la chapa
Selección apropiada de las trozas de madera, de las especies forestales y de los sistemas de procesamiento (variables de ablandamiento, variables de corte, secado, corte de dimensionado de las chapas o láminas).
- Control del movimiento de equipo
Sistematización en el uso de tractores y camiones en la fábrica, evitando gastos de combustible y emisiones.

d) Tableros aglomerados y de fibras

ACTIVIDADES

RECOMENDACIONES

- Procesamiento industrial
Utilización de madera que debe ser originada en

plantaciones forestales, selección apropiada de características de especies forestales, control para procesos eficientes en la obtención de astillas y fibras, procesos de formación del tablero, prensado.

- Control del movimiento de equipos

Sistematización en el uso de tractores y camiones en la fábrica, evitando gastos de combustible y emisiones.

e) Productos con mayor valor agregado y otras industrias madereras

ACTIVIDADES

RECOMENDACIONES

- Procesamientos industriales

Utilización de madera proveniente de bosques manejados y de plantaciones forestales para los procesos industriales, incorporar mayor eficiencia en las diferentes líneas de producción, evitar la generación de significativos residuos, control de todas las fases de operación en relación al manejo de apropiadas variables de corte, secado, preservado y otras actividades.

- Control del movimiento de equipos

Sistematización en el uso de tractores y camiones en la fábrica, evitando gastos de combustible y emisiones.

f) Productos forestales no maderables

ACTIVIDADES

RECOMENDACIONES

- Uso de los recursos forestales no maderables

Originados en sistemas sostenibles.

4.4 ÁREAS PROTEGIDAS

1.1.5.1 ACTIVIDADES

RECOMENDACIONES

- En las áreas o fajas de amortiguamiento para

| | |
|---|---|
| uso múltiple | Utilización bajo manejo sostenible de los recursos naturales renovables. |
| - Actividades de restitución de la vegetación | En lugares que han sufrido intervención en el pasado, proceder a realizar actividades de restituir las condiciones originales de la vegetación natural. |
| - Investigación | Propiciar la investigación forestal y establecer bancos naturales de recursos genéticos. |
| - En las áreas protegidas en general | Mantener o conservar los actuales niveles de carbono en la biomasa de los bosque, evitando la deforestación. Servir como sumideros de CO ₂ , promoviendo la regeneración natural de áreas deforestadas (PNCC 2000a) |

4.5 PROPUESTA DE CAMBIOS Y MEJORAS DE TECNOLOGÍA EN EL SECTOR CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

Los cambios y mejoras de tecnología en el uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y actividades silviculturales, denominadas también LULUCF, que promueven la mitigación de emisiones de GEI, requieren de medidas diferentes. El PNCC (1999) indica que “La medida en que las Partes que son países en desarrollo lleven a la práctica efectivamente sus compromisos en virtud de la Convención dependerá de la manera en que las Partes, que son países desarrollados, lleven a la práctica efectivamente sus compromisos relativos a los recursos financieros y a la transferencia de tecnología, y se tendrá plenamente en cuenta que el desarrollo económico y social y la erradicación de la pobreza son las prioridades primeras y esenciales de las Partes que son países en desarrollo”.

El PNCC (1999) señala que la evaluación de medidas de mitigación utiliza como criterios: la prioridad, la consistencia con las políticas, los planes y los programas de desarrollo nacional y sectorial; la oportunidad de alcance de objetivos, el potencial de mitigación de emisiones; la existencia de barreras para su implementación; los beneficios conexos y el costo – efectividad.

Para propiciar con medidas tecnológicas la reducción de emisiones de carbono se puede considerar el incremento en el secuestro y almacenamiento de carbono, a través del establecimiento de mayores superficies de plantaciones forestales y de sistemas de manejo forestal sostenible en los bosques naturales que impulsen la conservación de la biomasa leñosa y, por lo tanto, la formación de sumideros de carbono. También evitando

las emisiones de carbono a través de actividades que eviten la destrucción de la biomasa forestal, se promoverán actividades alternativas previniendo, al mismo tiempo, la deforestación.

Entre algunas medidas seleccionadas para evitar y disminuir emisiones de GEI se señalan por el PNCC (1999), las siguientes:

- Formación de masas boscosas: Incrementado los sumideros de dióxido de carbono, promoviendo el establecimiento de plantaciones forestales con especies nativas y exóticas, principalmente en regiones sujetas a procesos de desertificación en el altiplano, valles interandinos y llanuras chaqueñas.
- Regeneración natural de bosques: A través del cual se impulsarán medidas orientadas a incrementar los sumideros de dióxido de carbono, incentivando la promoción de la regeneración natural de especies arbóreas nativas.
- Alternativas a la agricultura de corte y quema: Promoviendo acciones o alternativas a la agricultura de corte y quema dirigidas a la reducción de las emisiones de GEI (CO₂, CO, NO_x, N₂O y CH₄), que incentiven a un verdadero aprovechamiento o uso sostenible de las tierras (planificada, supervisada).
- Fortalecimiento de la capacidad de planificación, protección y vigilancia de las áreas protegidas: Con acciones para mantener o conservar los actuales niveles de carbono en la biomasa aérea de los bosques.

Así mismo, el PNCC (1999) menciona entre las medidas de mitigación directa e indirectamente vinculadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de los sectores agricultura y ganadería los siguientes:

- Prevención y control de la degradación de tierras: Incentivando la implementación de sistemas agroforestales y la regeneración natural de pastizales.
- Mejorar las técnicas de la producción animal: Impulsando medidas a reducir las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica por la cría del ganado bovino y ovino en Bolivia, promoviendo sistemas de manejo, alimentación y productividad.

Los cambios y mejoras tecnológicas fundamentales en el sector LULUCF deben orientarse a:

- El desarrollo de sistemas de planificación prácticos y realistas para el aprovechamiento de los recursos forestales y agropecuarios en las diferentes regiones del país, considerando que los planes de ordenación y clasificación de tierras se realicen en función de las regiones productivas, a escalas convenientes y con metodologías sencillas.

- La aplicación práctica y sencilla de sistemas de manejo silvicultural en los bosques de producción, con actividades multidisciplinarias aplicadas en un conjunto de bosques bajo manejo.
- El desarrollo de actividades de aprovechamiento forestal eficientes, de adecuado rendimiento, que eviten el corte innecesario de especies arbóreas, utilizando técnicas de bajo impacto o sea con el menor daño posible a la vegetación circundante.
- El mejoramiento de la eficiencia y el rendimiento de las industrias forestales, a través del apropiado procesamiento de los productos forestales maderables y no maderables, con utilización optimizada de la materia prima, el mayor valor agregado y el control sobre posibles emisiones de la industria.
- El desarrollo de adecuados sistemas agroforestales, manejo de los bosques naturales, plantaciones forestales en las áreas de influencia o zonas de amortiguación de las áreas protegidas.
- El desarrollo de sistemas agropecuarios sostenibles, con prácticas de conservación de suelos, mejoramiento de técnicas de producción y uso optimizado de las superficies de tierras para agricultura y ganadería.
- Educación y capacitación sobre nuevas tecnologías de manera permanente y dinámica.
- La obtención de asesoramiento y financiamiento para la mejora de tecnologías que promuevan disminuciones, prevengan o eviten emisiones de GEI.
- Promoción de adecuadas legislaciones forestales y agrarias, en el marco de apropiadas políticas sectoriales.

ACTIVIDADES

RECOMENDACIONES

- | | |
|-----------------------------------|--|
| - Agricultura migratoria | Mejora y optimización de las prácticas en superficies limitadas. Reducción de emisiones de GEI. Implementación de sistemas agroforestales. |
| - Regeneración natural de bosques | Apoyar el desarrollo de la regeneración natural. Incrementar los sumideros de CO ₂ . |
| - Agropecuaria | Establecer sistemas de agricultura y ganadería sostenibles, limitando y optimizando superficies. |

4.6 PROPUESTA DE INCORPORACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE DESARROLLO LIMPIO EN LAS POLÍTICAS Y LEGISLACIONES FORESTALES

La política forestal en términos generales, por analogía con todas las políticas económicas nacionales relacionadas con los recursos naturales, se basa fundamentalmente en tres principios: la protección de los bosques, la producción forestal sostenible y los bosques como fuentes de esparcimiento. En Bolivia no existe oficialmente una política forestal, si bien en el pasado se han elaborado diferentes propuestas (Vollmer, 1977 y Goitia, 1995). La reciente temática de los cambios climáticos y las propuestas de desarrollo limpio para mitigar emisiones de efecto invernadero, no han sido consideradas dentro el marco de propuestas de políticas.

Sin embargo, la propuesta de bases para una política forestal en Bolivia (Goitia, 1995), señala que se facilitará la transferencia de tecnologías para las industrias forestales a través de incentivos, considerando la necesidad de lograr la optimización en el aprovechamiento e industrialización forestal. Además, menciona que se propiciará el diseño de tecnologías adecuadas para lograr el uso más eficiente de los recursos forestales. Por consiguiente, en relación a la elaboración de políticas forestales, es fundamental la incorporación de la temática del cambio climático y los mecanismos de desarrollo limpio, con el fin de contribuir en el sector forestal no solamente con el mejoramiento, optimización y mayor valor agregado de los productos resultantes, sino fundamentalmente con la disminución de emisiones de GEI.

En cuanto a la Ley Forestal y a las normas relacionadas en Bolivia, sólo se menciona en el artículo 11, de la relación con instrumentos internacionales, la ejecución del régimen forestal de la nación, el que se efectuará en armonía con los convenios internacionales, entre ellos la Convención Marco sobre el Cambio Climático retificado por Ley N° 1576 del 25 de julio de 1994. Sin embargo, se hace necesario incorporar en una legislación forestal actualizada la temática del cambio climático y los mecanismos de desarrollo limpio, los mismos que deben formar parte de un capítulo que aporte verdaderas iniciativas hacia la transformación de conceptos tradicionales forestales, permitiendo relacionar los bosques como fuentes de producción de recursos forestales maderables y no maderables, transformado el concepto adicionalmente en las potencialidad de lograr efectos fundamentales en la mitigación de GEI y el cambio climático en general.

En el cuadro 3.7, se mencionan las políticas y las medidas que pueden promover la transferencia de tecnologías de desarrollo limpio de diferentes sectores de la cooperación internacional (organismos multilaterales y bilaterales), así como diferentes actividades que pueden promoverse desde el campo internacional y nacional hacia el Estado, las industrias y los grupos sociales.

Cuadro 3.7. Políticas y medidas para promover la transferencia de tecnologías hacia diferentes sectores en Bolivia

| | |
|---|--|
| Políticas y medidas para promover la transferencia de tecnologías hacia diferentes sectores en Bolivia | |
| Orientación por: | Políticas, medidas y programas |
| Acción a ser desarrolladas hacia el Estado | |
| Por parte de organismos multilaterales, bilaterales y otros | <ul style="list-style-type: none"> • Aumento en los niveles de financiamiento. • Proporcionar mayores fondos para investigación forestal. • Consolidar incentivos para el sector forestal. • Propiciar el fortalecimiento de los programas de certificación para el desarrollo de tecnologías de desarrollo limpio. • Imponer medidas de descincentivo para los productos forestales originados en bosques en donde no se apliquen actividades de tecnologías de desarrollo limpio. • Fortalecer las actividades de monitoreo y verificación. • Incluir la relación de los aspectos forestales y las tecnologías de desarrollo limpio en los diferentes programas. • Propiciar inicialmente una subvención a la transferencia tecnológica. • Propiciar incentivos en el manejo forestal sostenible. • Posibilitar financiamiento para la infraestructura de la transferencia tecnológica. • Proporcionar fondos para la capacitación de los recursos humanos. |
| Acción a ser desarrollada hacia el sector privado | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Posibilitar la apertura de oportunidades de las tecnologías de desarrollo limpio para facilitar la transferencia de tecnología en la mitigación forestal y la ejecución de proyectos. • Establecer procedimientos concertados de monitoreo y verificación de C. • Propiciar la mayor asistencia de instituciones financieras. • Otorgar incentivos económicos para el manejo forestal sostenible. • Concertar apoyo entre industrias de países desarrollados y en desarrollo. | |
| Acción a ser desarrollada hacia la comunidad o grupos sociales | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Apoyo de las ONGs hacia las comunidades para el manejo forestal sostenible y propiciar monitoreo y verificación. • Concertar acciones para la conservación y la producción sostenible de los bosques en el marco de tecnologías de desarrollo limpio. • Apoyar técnica y económicamente el monitoreo y verificación del manejo forestal sostenible y las tecnologías de desarrollo limpio. • Propiciar la difusión sistemática y permanente de información. | |

Fuente: Elaboración propia

4.7 VENTAJAS DE LA INCORPORACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA ACTIVIDAD FORESTAL

Las nuevas tecnologías de desarrollo limpio que puedan ser incorporadas en el sector forestal, pueden proporcionar las siguientes ventajas:

- Fortalecer la aplicación de sistemas de manejo forestal sostenible.
- Propiciar la generación de incentivos económicos en la actividad forestal.

- Fomentar el desarrollo de investigaciones forestales para la generación de tecnologías propias para el desarrollo limpio.
- Facilitar a través de la transferencia de tecnologías de desarrollo limpio, mejores aportes para la silvicultura y el manejo forestal, el aprovechamiento y la industrialización forestal.
- Propiciar la incorporación de mayor valor agregado en la transformación de los recursos forestales.
- Incentivar hacia una mayor capacitación y, por tanto, favorecer el desarrollo de una mejor educación forestal integral.
- Apoyar el desarrollo de actividades forestales en las comunidades campesinas, indígenas y poblaciones rurales, promoviendo la forestería comunitaria.
- Propiciar una mayor difusión de la información forestal y de las tecnologías de desarrollo limpio.
- Establecer apropiados sistemas de eficiencia y optimización en los procesos de transformación de las industrias forestales.
- Promover adicionalidad financiera en el desarrollo de proyectos y actividades forestales.
- Fomentar la adicionalidad tecnológica.
- Posibilitará la incorporación de sistemas de aprovechamiento forestal con bajo impacto.
- Propiciar un cambio gradual de los sistemas de chaqueo y quema tradicional hacia sistemas controlados y otros de utilización del bosque bajo objetivos forestales.
- Propiciar el mejoramiento de los niveles de vida de las poblaciones rurales y, por lo tanto, generar el desarrollo sostenible.

5. FUENTES DE INFORMACIÓN QUE APOYEN LA INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS EN EL SECTOR FORESTAL

5.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información apropiadas que pueden apoyar la investigación del PNCC en el sector forestal son reducidas, como consecuencia de la falta de políticas y legislaciones adecuadas que promuevan el apoyo hacia la investigación forestal, así como lo relativo a discusión de información en general. Algunas fuentes en proceso de desarrollo son:

- Sistema de información Forestal (SIFOR).
- Institutos de investigación de las universidades.
- Información de la Superintendencia Forestal.
- Información de la Cámara Forestal.
- Estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas.
- Proyecto de apoyo a la Coordinación e Implementación del Plan de Acción Forestal para Bolivia FAO-PAFBOL.
- Proyecto BOLFOR.
- Información del Centro de Investigaciones Agrícolas Tropicales (CIAT).
- Anuario Estadístico del Sector Rural.

5.2 PROVEEDORES DE EQUIPOS Y MATERIALES

En lo relacionado a proveedores de equipos y materiales para propiciar el apoyo a la transferencia tecnológica de desarrollo limpio, existen casas importadoras de productos y equipos del exterior, cuyas especificaciones son limitadamente conocidas, de valores altos, que no están al alcance de la mayoría de los sectores sociales importantes en la actividad forestal. Esto significa que se requiere una mayor promoción de equipos y materiales a bajos precios.

También existe un importante pero desorganizado sector que fábrica equipos y elementos de origen nacional que no tiene incentivos para el desarrollo de sus actividades, pero que podría ser un importante cooperador para el establecimiento de tecnologías de desarrollo limpio.

6. DETERMINACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS DEL SECTOR FORESTAL

Las áreas temáticas generales y prioritarias en el sector forestal para propiciar la transferencia y el desarrollo de tecnologías de desarrollo limpio son:

6.1 SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

En el sector de la silvicultura y el manejo sostenible de bosques, las áreas específicas prioritarias son:

- Sistemas agroforestales.
- La aplicación de sistemas silviculturales: manejo de la regeneración natural propiamente dicha, regeneración natural inducida, enriquecimiento forestal,
- plantaciones forestales (forestación y reforestación).
- Forestería comunitaria.
- Enriquecimiento de bosques secundarios.
- Capacitación forestal.
- Investigación forestal.
- Difusión de información.

6.2 APROVECHAMIENTO FORESTAL

En el sector del aprovechamiento forestal, se pueden considerar las siguientes áreas temáticas:

- Aprovechamiento forestal de bajo impacto.
- Control y sistematización del uso de equipo forestal en el aprovechamiento.
- Aprovechamiento forestal integral.
- Capacitación forestal.
- Investigación forestal.
- Difusión de información.

6.3 INDUSTRIAS FORESTALES

Las industrias forestales tienen una amplia gama de variaciones, en ellas es fundamental tomar en cuenta:

- La mayor eficiencia y optimización en los sistemas de procesamiento industrial.

- Control y sistematización del uso de equipos en las diferentes fases de la industria.
- El aprovisionamiento de materia prima originada en bosques naturales manejados sosteniblemente y en plantaciones forestales sostenibles.
- Utilización de biomasa para energía originada en plantaciones forestales.
- Racionalización en la generación de residuos de madera provenientes de las diferentes etapas industriales.
- Utilización de equipos y materiales con mayor eficiencia, productividad, así como con menores posibilidades de emisiones de GEI.
- Capacitación forestal industrial.
- Investigación forestal.
- Difusión de información.

6.4 ÁREAS PROTEGIDAS

En las áreas protegidas el énfasis de las acciones debe ser dirigida hacia actividades en las áreas de amortiguamiento o zonas de uso múltiple, en las que es posible sobre todo establecer las siguientes acciones:

- Mitigación de la deforestación a través de establecer y fortalecer actividades agroforestales, manejo sostenible de bosques naturales y plantaciones forestales.
- Delimitación de áreas para desarrollar agricultura sostenible.
- Manejo de los bosques secundarios.

En las áreas de protección propiamente dichas es posible realizar acciones de restitución de la vegetación natural en lugares afectados por intervenciones pasadas. Así mismo, debe considerarse la posibilidad de utilizar el germoplasma de árboles forestales para apoyar la restitución de la especie en otros lugares, bajo un manejo técnico - científico apropiado. Sin embargo, según el PNCC (1999) es necesario también propiciar acciones en cuanto a:

- Fortalecimiento de la capacidad de planificación para la conservación de la biodiversidad.
- Fortalecimiento del Servicio Nacional de Áreas Protegidas.
- Capacitación de los recursos humanos para la conservación de la biodiversidad.
- Consolidar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

- Participación de entidades públicas, privadas, comunidades tradicionales, pueblos indígenas y productores en la gestión de la conservación de la biodiversidad.
- Fomento del Ecoturismo.
- El aprovechamiento sosteniblemente de productos forestales secundarios y la promoción de su comercialización en los mercados nacionales e internacionales.

6.5 ÁREAS DE COLONIZACIÓN (CAMBIO DE USO DE LA TIERRA)

La expansión de la frontera agrícola provoca deforestación en grandes áreas de las regiones tropicales y subtropicales de Bolivia donde, además, las prácticas tradicionales para la habilitación de tierras para la agricultura y ganadería se realizan a través del chaqueo y la quema. El PNCC (1999) señala que este tipo de agricultura es denominada migratoria o de tumba y quema, conceptualizado también como un sistema agrícola intensivo de producción de cultivos anuales y perennes de corto plazo alternados con períodos de descanso según Fassbender, 1987.

En el contexto del cambio del uso de la tierra, las áreas prioritarias estarías dadas por:

- Establecimientos de adecuados procesos de planificación en el marco de la ordenación de la tierra para el uso apropiado.
- Fomentar actividades agroforestales.
- Propiciar el uso de la tierra para actividades forestales sostenibles, de acuerdo a la capacidad de uso de la misma.
- Controlar y limitar las prácticas de chaqueo y quema.
- Incorporar a las comunidades campesinas – colonizadoras a la utilización de sistemas forestales sostenibles.
- Propiciar incentivos al manejo forestal sostenible de la forestería comunitaria.
- Convertir al agricultor tradicional en las áreas tropicales y subtropicales en un utilizador forestal sostenible.
- Aprovechamiento eficiente e integral de la biomasa arbórea.
- Establecer procesos de capacitación para las comunidades.
- Propiciar financiamiento a las actividades forestales sostenibles.

7. IDENTIFICACIÓN DE IDEAS DE PROYECTOS, SELECCIÓN Y PRIORIZACIÓN (BENEFICIOS ASOCIADOS, OPORTUNIDADES DE TRANSFERENCIA)

En general, los proyectos de mitigación climática bajo los acuerdos bilaterales y multilaterales en el sector forestal, podrían involucrar transferencia económica, transferencia tecnológica y también la combinación de ambos. La difusión de la tecnología entre los países es muy importante en el área forestal, ya que se manifiestan mayormente en el desarrollo de proyectos. Las actividades del cambio climático en Bolivia requieren ser fortalecidos a través de un accionar concertado y multidisciplinario que promueva la generación de proyectos, el desarrollo de los mismos, así como la aplicación de los sistemas de monitoreo y verificación. El nivel corriente de transferencia de tecnología en Bolivia para el desarrollo limpio tiene variadas limitantes de infraestructura necesaria, personal, recursos económicos y otras diferentes barreras que afectan los resultados.

El bosque necesita ser productivo y rentable bajo el concepto de sostenibilidad, además para ser atractivo a los inversionistas bajo alguno de los programas de mitigación de cambio climático, especialmente bajo el marco del desarrollo de los tecnologías de desarrollo limpio. La transferencia de tecnología es fundamental en el sector forestal de Bolivia para lograr los objetivos de manejo sostenible y la aplicación de tecnologías de desarrollo limpio. Los beneficios colaterales pueden ser de índole económica, social y ambiental. Las oportunidades se reflejan en las potencialidades para la forestación, la reforestación, el manejo sostenible de los bosques y el evitar, a través de prácticas apropiadas, la emisión de GEI. Las fuentes de transferencia de tecnologías pueden ser:

- Instituciones forestales en general.
- Instituciones de investigación en universidades del país.
- Industria forestal.
- Comunidades indígenas.
- Comunidades campesinas.

Entre algunas ideas de proyectos que pueden ser tomados en cuenta en el marco de las grandes áreas temáticas forestales, se distinguen:

7.1 SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

- Proyectos de reforestación y forestación en diferentes ecoregiones del país.
- Ordenación y manejo sostenible de plantaciones forestales con fines industriales.
- Manejo forestal de bosques secundarios.
- Aplicación de sistemas de enriquecimiento forestal.
- Aplicación de sistemas de regeneración natural.
- Manejo sostenible de bosques naturales y plantaciones forestales.

7.2 APROVECHAMIENTO FORESTAL

- Aplicación de aprovechamiento forestal de bajo impacto en los diferentes tipos de bosques.
- Control, sistematización y racionalización de equipos de aprovechamiento forestal (tractores, camiones y otros).
- Sistemas de aprovechamiento forestal bajo manejo sostenible.

7.3 INDUSTRIAS FORESTALES

- Optimización en los procesos de transformación de la madera de las diferentes industrias forestales.
- Utilización de biomasa forestal para energía en las industrias, originadas en plantaciones forestales.
- Investigación de alternativas para reducción de emisiones de etapas específicas en los procedimientos industriales forestales.

7.4 ÁREAS PROTEGIDAS

- Actividades de manejo forestal sostenible en áreas de amortiguamiento y en zonas de uso múltiple.
- Conservación de bosques.

8. INCORPORACIÓN DEL DESARROLLO LIMPIO EN LA TEMÁTICA FORESTAL EN CUANTO A EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN

Para asegurar el cumplimiento de las regulaciones sobre la mitigación de los cambios climáticos y el desarrollo del manejo forestal sostenible, es necesario asegurar la realización de procesos de concientización hacia las comunidades locales y población en general, así como propiciar el fortalecimiento y jerarquización de la educación e investigación forestal.

Los procesos de mitigación contribuyen a la permanencia y conservación del bosque, además de propiciar el control de otros impactos ambientales: sobre la conservación de la biodiversidad, la protección de cuencas hidrográficas, los beneficios socio – económicos a las poblaciones rurales y urbanas, la creación de empleo, promueven el desarrollo sostenible, el mejoramiento de los procesos que evitan la degradación de suelos y generan fuentes de empleo, entre otros aspectos.

El desarrollo de forestación, reforestación y el evitar la deforestación, apoyarán la actividad de mitigación y, por lo tanto, la proliferación de sumideros consistentes con los objetivos del MDL, proporcionando de este modo condiciones fundamentales para la subsistencia de las comunidades del bosque.

En la educación boliviana, deben incorporarse, en las diferentes etapas, los aspectos referidos al cambio climático, los mecanismos de desarrollo limpio y todos los aspectos inherentes a los problemas, a los beneficios y a las acciones en torno al desarrollo sostenible. En la educación forestal universitaria, la temática debe ser incorporada en las diferentes especialidades, como en la silvicultura y el manejo sostenible de los bosques, para considerar la importante adicionalidad hacia ciertos aspectos de los sistemas de manejo forestal (forestación y reforestación). En los temas tecnológicos e industriales forestales, las posibilidades de incorporación de conocimientos son importantes, para que los procesos industriales desarrollen sistemas eficientes y optimizados, propiciando menores o ninguna emisión en sus actividades.

En relación a la capacitación, ésta debe desarrollarse en los diferentes niveles de usuarios del bosque, debe ser permanentemente realizada a través de la participación de las instituciones y organismos pertinentes a la temática forestal: universidades, e instituciones de investigación, entre otros.

9. ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO DE CONCENSOS INSTITUCIONALES PARA ESTABLECER TECNOLOGÍAS DE DESARROLLO LIMPIO

Es fundamental que la mayor parte de las instituciones y los organismos pertinentes al sector forestal estén involucrados en el país respecto a la creación, transferencia y recepción de tecnologías para el desarrollo limpio. Este es el caso de las instituciones o agencias bilaterales, multilaterales, los organismos no gubernamentales, las industrias forestales, las universidades, instituciones del Estado, organizaciones de base, etc, las que pueden participar de manera concertada. Una estrategia apropiada para establecer un accionar permanente de los modelos de desarrollo limpio, es otorgar a las universidades o a entidades autónomas de las universidades, como institutos de investigación, la posibilidad de conformar una estructura institucional de generación, transferencia, así como de monitoreo y verificación de nuevas tecnologías de desarrollo limpio.

Tal estructura de innovación tecnológica nacional debe ser facilitada en su creación, organización y desarrollo a través de los organismos de cooperación para el apoyo financiero y la asistencia técnica. El propio rol del Estado debe ser esencialmente facilitador, donde las universidades e instituciones de investigación con carácter autónomo, deben desarrollar el proceso y la participación del sector privado forestal, con apoyo económico y potencial para obtener mejores resultados,. Frente a ésto, no menos importantes son los organismos no gubernamentales y otras instituciones en el trabajo como promotores dentro los diversos aspectos del desarrollo tecnológico, además de las organizaciones de base que permiten un aporte participativo y utilizador de los MDL.

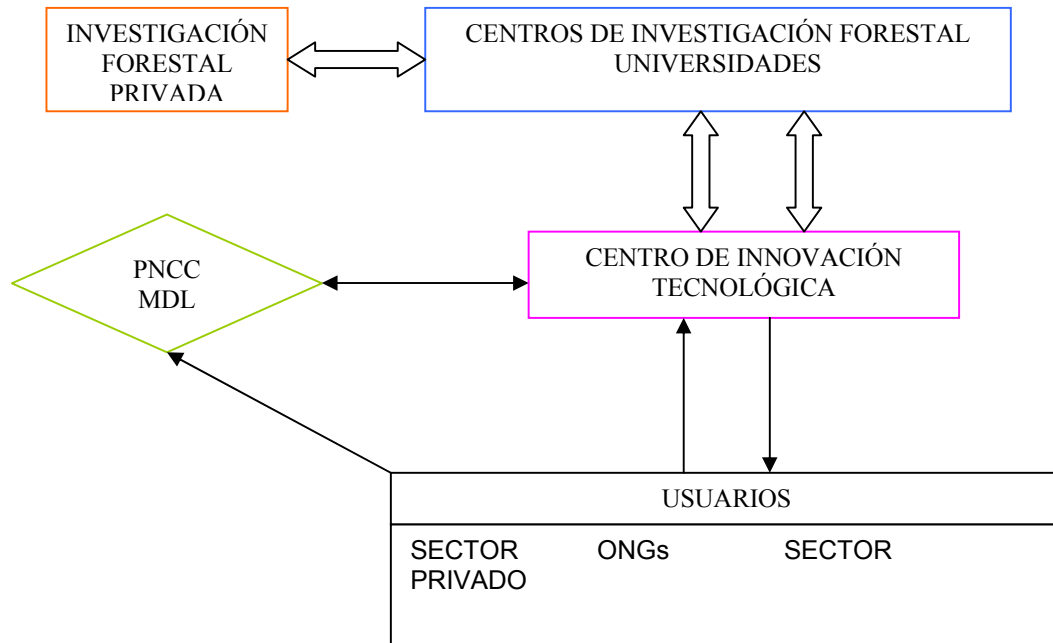
Las instituciones de enlace financiero pueden jugar un rol importante para conseguir las fuentes de financiamiento y búsqueda de alternativas tecnológicas, donde es importante asistir de igual manera a instituciones locales en el país, preparando así mismo propuestas de proyectos y negociando los términos y condiciones. Las ONGs nacionales e internacionales pueden asegurar tecnologías apropiadas, que pueden ser transferidas sin

costo para las comunidades campesinas, indígenas y poblaciones rurales en las áreas de influencia de los bosques, instituciones y organismos como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), el Tratado de Cooperación Amazónica, el Pacto Andino, la Cooperación de los Estados Unidos para el Desarrollo (USAID), la Unión Europea, la Convención marco sobre el Cambio Climático, el Protocolo de Kioto, y otras organizaciones, que pueden facilitar la promoción de la capacidad institucional.

El bajo nivel de transferencia actual de tecnología en el sector forestal puede ser atribuido a inadecuadas formas institucionales. La mayor parte de las instituciones tienen que ser establecidas en vías de desarrollo, con soporte financiero para sustentar la capacidad institucional, proveer incentivos a las comunidades locales, compañías forestales y los diferentes tipos de usuarios. La realización de monitoreos y verificaciones, así como las certificaciones de agencias especializadas pueden ser aprobadas en forma equitativa e imparcial. En la adopción de los mecanismos para la transferencia de tecnología de desarrollo limpio en el sector forestal se requiere de instituciones establecidas y nuevas. Las instituciones bilaterales y multilaterales seguirán jugando un rol importante en los fondos de proyectos de mitigación forestal.

Dentro de la estrategia los pasos a seguir pueden ser: consolidar el marco institucional, desarrollar investigación científica y tecnológica, desarrollar los recursos humanos, apoyar a empresas innovadoras, desarrollar nuevas tecnologías, desarrollar servicios científicos y tecnológicos, mejorar las condiciones de transferencia tecnológica, establecer los mecanismos para facilitar la vinculación entre universidades y usuarios, promover cooperación e integración científica nacional e internacional, desarrollar mecanismos financieros para el logro de un sistema de generación y transferencia tecnológica sostenible, y propiciar acciones hacia el mejoramiento de los niveles de educación forestal, así como de los aspectos de capacitación y extensión.

Fig. 3.2 Esquema para la transferencia tecnológica forestal en Bolivia.



En la figura 3.2 se observa que los centros o institutos de investigación forestal de las universidades pueden conformar el centro de innovación tecnológica, estrechamente relacionado a la investigación forestal privada, las cuales se pueden realizar de manera conjunta y participativa. Todos los usuarios utilizarían el sistema al que demandan la generación, transferencia y difusión de tecnologías de desarrollo limpio. El Programa Nacional de Cambios Climáticos, esencialmente en la temática de Mecanismos de Desarrollo Limpio, es un enlace fundamental desde el Estado para facilitar y proyectar con su apoyo el desarrollo de las tecnologías de desarrollo limpio en el marco del cambio climático. El rol sintético que los diferentes organismos e instituciones a nivel de Bolivia deben realizar son:

9.1 INSTITUCIONES DEL ESTADO

Las instituciones del Estado deben ser facilitadoras para el desarrollo del proceso de generación y transferencia de tecnologías de desarrollo limpio.

9.2 ORGANIZACIONES MULTILATERALES

Las instituciones multilaterales deben propiciar apoyo financiero y a través de las mismas la asistencia técnica, especialmente con los recursos humanos nacionales.

9.3 COOPERACIÓN BILATERAL

Las instituciones bilaterales deben posibilitar el apoyo económico y la asistencia técnica fortaleciendo las capacidades nacionales.

9.4 ORGANISMOS NO GUBERNAMENTALES

Los organismos no gubernamentales deben constituirse en promotores para la transferencia de tecnologías de desarrollo limpio, propiciando el conseguir financiamientos y asistencia técnica.

9.5 SOCIEDAD CIVIL U ORGANIZACIONES DE BASE

a) Comunidades campesinas

Las comunidades campesinas deben constituirse en partícipes del proceso de desarrollo tecnológico, así como en usuarios del mismo.

b) Comunidades indígenas

Las comunidades indígenas deben constituirse en miembros del proceso de desarrollo tecnológico, así como usuarios del mismo.

c) Organizaciones profesionales

Las organizaciones profesionales del sector forestal deben ser partícipes en el desarrollo del proceso tecnológico a partir de dos aspectos: como actores en la generación de tecnologías y como utilizadores de las mismas.

d) Organizaciones ambientales

Las organizaciones ambientales deben ser facilitadoras del proceso de desarrollo tecnológico, considerando que las mismas ayudarán a mejorar las condiciones ambientales, pero también podrán establecer los niveles de cumplimiento para impulsar acciones efectivas.

e) Población rural y urbana

La población rural se constituye en parte del proceso pero, a la vez, usuaria de la transferencia tecnológica, además de estar directamente involucrada en sus efectos, beneficios y logros.

f) Organizaciones académicas

Las organizaciones académicas deben ser partícipes en el desarrollo del proceso tecnológico, con aportes en el nivel de investigación forestal.

9.6 EMPRESAS PRIVADAS FORESTALES

Las empresas privadas forestales deben ser partícipes de la investigación, apoyando financieramente y siendo usuarios de los resultados, los cuales serán aplicados en las diferentes temáticas forestales.

9.7 CENTROS O INSTITUTOS DE INVESTIGACIÓN FORESTAL

Los centros o institutos de investigación forestal están directamente relacionados con las universidades o son parte de las mismas instituciones las que, en conjunto, forman el centro de innovación tecnológica.

CAPÍTULO IV

1. BIBLIOGRAFÍA

Sector Energético:

1. *Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Boliviano 1995 y 1996, 1996, 1997. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Económico – Viceministerio de Energía e Hidrocarburos.*
2. *Arroz en los trópicos; guía para el desarrollo de programas nacionales, 1984. Robert F. Chandler, IICA.*
3. *Balance Energético, 1983 - 1995. Sistema de Información en Energía, 1995. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Económico - Secretaría Nacional de Energía.*
4. *Compañía Boliviana de Energía Eléctrica S.A., 1995. Información del Sistema Eléctrico de COBEE para el Centro de Despacho de Cargas. La Paz, Bolivia: COBEE.*
5. *Instituto Nacional de Estadística - Cuentas Nacionales, 1996. Bolivia: Estimación del PIB, Niveles y Proyecciones de Crecimiento. Bolivia: Estimaciones y Proyecciones de la Población 1950 - 2050. La Paz, Bolivia: Instituto Nacional de Estadística.*
6. *International Energy Initiative, 1995. Estudio Sobre los Usos Finales de la Energía Eléctrica en el Sector Residencial del Departamento de La Paz - Bolivia. Sao Paulo, Brasil - La Paz, Bolivia: International Energy Initiative. 19 p.*
7. *Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. A Special Report of IPCC Working Group III, 2000. Cambridge, United Kingdom: Intergovernmental Panel on Climate Change. 466 p.*
8. *Ministerio de Desarrollo Económico - Viceministerio de Energía e Hidrocarburos, 1998. Estrategia de Energía Rural. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Económico - Viceministerio de Energía e Hidrocarburos. 39 p.*
9. *Ministerio de Desarrollo Económico - Secretaría Nacional de Energía, 1996. Plan Indicativo de Electrificación Rural de Bolivia. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Económico - Secretaría Nacional de Energía. 37 p.*
10. *Ministerio de Desarrollo Económico - Secretaría Nacional de Energía, 1996. Programa de Inversiones en Electrificación Rural - Bolivia - (1996 -2001). La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Económico - Secretaría Nacional de Energía. 19 p.*
11. *Ministerio de Desarrollo Económico - Viceministerio de Energía e Hidrocarburos, 1998. Programa Nacional de Electrificación Rural - PRONER. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Económico - Viceministerio de Energía e Hidrocarburos. 33 p.*
12. *Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente - Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Medio Ambiente - Subsecretaría de Medio Ambiente - Programa Nacional de Cambios Climáticos, 1996. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Origen Antropogénico de Bolivia para el año 1990. La Paz, Bolivia: Programa Nacional de Cambios Climáticos. 32 p.*
13. *Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación – Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal - Programa Nacional de Cambios Climáticos, 2000. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Origen Antropogénico de Bolivia - Año 1994. La Paz, Bolivia: Programa Nacional de Cambios Climáticos. 131 p.*
14. *Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación – Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal - Programa Nacional de Cambios Climáticos,*

2000. *Análisis de Opciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. La Paz, Bolivia: Programa Nacional de Cambios Climáticos. 102 p.

15. Ministerio de Hacienda - INE / DEE / DI - ESMAP - Banco Mundial, 1996. *Encuesta Nacional de Consumos de Energía en el Área Rural de Bolivia - Sector Doméstico Rural*. La Paz, Bolivia: Instituto Nacional de Estadística. 250 p.
16. Ríos, C., Fernández, M., 1997. *Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y El Caribe – Estudio de Caso de Bolivia (primera versión sujeta a revisión)*. La Paz, Bolivia: Proyecto OLADE/CEPAL/GTZ “Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y El Caribe”.
17. Stockholm Environment Institute - Boston, 1995. *Long-range Energy Alternatives Planning System - User Guide for Version 95.0 - Training Exercises for Greenhouse Gas Mitigation Analysis for Version 95.0 - Overview for Version 94.0*. Boston, MA, USA: Stockholm Environment Institute - Boston, Tellus Institute.
18. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos - Gerencia de Planificación – División de Estadística, 1996. *Actividad Petrolera en Cifras 1986 - 1995*. La Paz, Bolivia: Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. 60 p.
19. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos - GID Oriente, 1995. *Ahorro de Energía y Control de CO₂ a la Atmósfera - Refinería “Guillermo Elder”*. Santa Cruz, Bolivia: Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos.
20. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos - Gerencia de Planificación, División de Estadística, 1996. *Informe Estadístico 1996*. La Paz, Bolivia: Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. 17 p.
21. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos – Unidad de Negociaciones y Contratos, Control Área de Producción, 1998. *Resumen Mensual Nacional de Producción de Hidrocarburos*. Santa Cruz, Bolivia: Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. 26 p.

Sector Industrial:

1. Asociación Boliviana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-El Alto, “Inventario de Fuentes de Emisiones y Efluentes Industriales”, volumen 1, diciembre 1996, La Paz- Bolivia.
2. Aguirre Bastos Carlos, et al “Las pequeñas y Medianas Empresas en el Sistema de Innovación Boliviano” Academia Nacional de Ciencias de Bolivia, septiembre 1997, La Paz – Bolivia.
3. Cámara Nacional de Industrias “Boletines mensuales informativos, legales, análisis económicos, comercio exterior”, noviembre 2000 a marzo 2001, Santa Cruz - Bolivia
4. Chacón Araya Ana, Instituto Meteorológico Nacional “Costa Rica y la Transferencia de tecnología”, documento presentado en el taller sobre transferencia de tecnología en América Latina y el Caribe, San Salvador, marzo 2000.
5. CIDES-UMSA “Bolivia hacia el siglo XXI, tema 6: Ciencia, Innovación y Educación Superior en Bolivia (Carlos Aguirre B)”, Septiembre 1999.
6. Eppel Sara “Enhancing Markets for Climate Friendly Technologies: Leadership Through Government Purchasing Strategies”, volume I, June 1998, Paris, France.
7. Heintz Roebym, Climate Technology Initiative (CTI) “Initial Business Plan for Latin America and Caribbean”, San Salvador, marzo 2000.
8. Instituto de Meteorología República de Cuba, Grupo técnico “Inventario Nacional de Emisiones y absorciones de Gases de Efecto Invernadero año 1990, Módulo 2, diciembre 1999, Habana - Cuba

9. *Ministerio de Desarrollo Económico de Bolivia, Secretaria Nacional de Industria y Comercio – Dirección de Políticas Industriales “Plan Nacional de Competitividad y Desarrollo Industrial” marzo 1997, La Paz - Bolivia*
10. *Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, Programa Nacional de Cambios Climáticos “Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de origen antropogénico de Bolivia año 1994, Sección III”, julio 2000, La Paz-Bolivia.*
11. *Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, “Reglamentación de la Ley de Medio Ambiente No. 1333, anexo 4”, diciembre de 1995, La Paz - Bolivia.*
12. *Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, reporte especial del grupo de trabajo III del IPCC “ Methodological and Technological Issues in Technology Transfer” section II, (9), 219; Firts published 2000, NY-USA..*
13. *Sánchez M. Juan Carlos, “Environmental Technology Transfer Opportunities in Venezuela” documento presentado en el taller sobre transferencia de tecnología en America Latina y el Caribe, San Salvador, marzo 2000.*
14. *Rodríguez Perdomo Mercedes et. Al “Transfer Technology in Honduras” documento presentado en el taller sobre transferencia de tecnología en América Latina y el Caribe, San Salvador, marzo 2000.*
15. *Suárez Irma, Ministerio de Turismo y Ambiente del Ecuador “Transferencia de Tecnología como un mecanismo para viabilizar la Producción más Limpia en el Ecuador” documento presentado en el taller sobre transferencia de tecnología en America Latina y el Caribe, San Salvador, marzo 2000.*
16. *Secretariado de la CMNUCC, “Compilation of background papers and additional background material of Transfer Technology Consultive Process (Decisión 4/CP.4), marzo 2000.*
17. *Saucede María Cristina, Secretaria para la Tecnología, La Ciencia y La Innovación Productiva – Argentina, “Desarrollo y Transferencia de Tecnologías ambientalmente sanas en Argentina”, documento preparado para el taller sobre transferencia de tecnología en América Latina y el Caribe, San Salvador, marzo 2000.*
18. *Saavedra Muñoz Antonio, Aguirre Bastos Carlos “ Centro para la Innovación Tecnológica”, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Academia Nacional de Ciencias de Bolivia; diciembre 1997, La Paz - Bolivia.*

Sector Forestal:

1. *Beaumont E. 1999. El Protocolo de Kioto y el Mecanismo de Desarrollo Limpio, Santiago, Chile, 99 p.*
2. *CATIE/Usaid 1994. Propuesta de simplificación de planes de manejo para bosques naturales latifoliados en la región centroamericana, Turrialba, Costa Rica, 8 p.*
3. *FAO, 1994. El desafío de la ordenación forestal sostenible. Perspectivas de la silvicultura mundial. Organización de las Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia, 122 p.*
4. *FAO, 1976. Actas de la consulta mundial sobre paneles a base de madera. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Bruselas, Bélgica, 454 p*
5. *Gaceta oficial de Bolivia 1996. Ley Forestal N° 1700, La Paz, Bolivia, 28 p.*
6. *Gobierno de Bolivia 2001. Decreto Supremo 26075 Tierras de producción forestal permanente.*
7. *Goitia, L. 2000. Dasonomía y Silvicultura. UMSA*
8. *Goitia, L. et al 1996. Situación del sector forestal en Bolivia.*
9. *Goitia, L. 1995. Propuesta de bases para una política forestal en Bolivia. Plan de acción forestal para Bolivia, La Paz, Bolivia, 62 p y anexos.*

10. Holdridge L. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica. 216 p.
11. IPCC 2000. *Methodological and technological issues in technology transfer*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Bert Metz et al, Cabridge, United Kingdon, 466 p.
12. Klasson B. y Cedergren 1996. *Talado en la dirección correcta*. En *Actualidad Forestal tropical*. 5-7 p. Vol.4 N° 3 OIMT.
13. Mankin W. 1998. *Definición de la ordenación forestal sostenible*. En *Actualidad Forestal Tropical*. P. 7 OIMT.
14. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1997. *Normas técnicas para la elaboración de instrumentos de manejo forestal comercial (inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas) en tierras comunitarias de origen*. R. M. 136/97; 60 p.
15. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1997. *Normas técnicas para la elaboración de instrumentos de manejo forestal (inventarios, planes de manejo, planes operativos y mapas) en bosques andinos y chaqueños*. R.M. 135/97; 63 p.
16. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1997. *Normas técnicas para la elaboración de instrumentos de manejo forestal (inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas) en propiedades privadas o concesiones con superficies mayores a 200 hectáreas*. R.M. 62/97; 62 p.
17. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1997. *Reglamento especial de desmontes y quemas controladas*. R.M. 131/97; 22 p
18. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1997. *Normas técnicas sobre planes de ordenamiento predial*. R.M. 130/97; 57 p.
19. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1997. *Normas técnicas para la elaboración de instrumentos de manejo forestal. En propiedades privadas iguales o menores a 200 Ha*. R.M. 132/97; 46 p.
20. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1997. *Directrices sobre concesiones a agrupaciones sociales del lugar*. R.M. 133/97; 13 p.
21. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1997. *Normas técnicas sobre programa de abastecimiento de materia prima*. R.M. 134/97; 38 p.
22. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 1996. *Mitigación de los efectos de la quema en el chaqueo, Capacitación sobre agroforestería, capacitación sobre fuegos controlados*, La Paz, Bolivia.
23. OIMT 1996. *Promoción del Desarrollo Forestal Sostenible en Bolivia*. Consejo Internacional de las Maderas Tropicales, Yokohama, Japón, 255 p.
24. PNCC 2001. *Estudio de la estrategia nacional de participación de Bolivia en el mecanismo de desarrollo limpio del Protocolo de Kioto*. Resumen ejecutivo. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación La Paz, Bolivia, 45 p.
25. PNCC 2000. *Guía informativa para la formulación de proyectos MDL Estudio de la estrategia nacional de participación en el mecanismo de desarrollo limpio del Protocolo de Kioto*, La Paz, Bolivia, 24 p.
26. PNCC 2000 a. *Análisis de opciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero*, La Paz, Bolivia, 102 p.
27. PNCC 1999. *Plan Nacional de Acción sobre el cambio climático. Sectores energético, forestal, agrícola y ganadero*. La Paz, Bolivia, 240 p.
28. PNCC 1994. *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico de Bolivia, año 1994*. Programa Nacional de Cambios Climáticos, Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, La Paz, Bolivia, 131 p.
29. Pérez del Castillo et al 1993. *Asistencia en el desarrollo y promoción de exportaciones de manufacturas de maderas*. Centro de comercio internacional. Santa Cruz, Bolivia, 15 p. y anexos.

30. *Presidencia de la República de Bolivia 1997. Plan operativo de acción 1997 – 2002. La Paz, Bolivia.*
31. *Romero, M. 1986. Guía práctica para la elaboración de planes de manejo forestal de bosques húmedos tropicales. Lima, Perú, 112 p.*
32. *STCP engenharia de projetos Ltda 2000. Plan estratégico para el desarrollo del sector forestal de Bolivia. Resumen ejecutivo. Curitiba, Brasil, 48 p.*
33. *Superintendencia Forestal 1999. Potencial de los bosques naturales de Bolivia para producción forestal permanente. Santa Cruz, Bolivia, 68 p y anexos.*
34. *Tanner, H. 1997. Técnica de corta dirigida. Bolfor. Santa Cruz, Bolivia, 118 p.*
35. *Tosi, J. Sugerencias para el desarrollo racional de los bosques naturales tropicales y subtropicales de Bolivia. 40 p.*
36. *Unzueta O. et al 1975. Mapa ecológico de Bolivia. Memoria explicativa. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. La Paz, Bolivia, 312 p.*
37. *Villachica, H. 1996. Cultivo del pijuayo (*Bactris gasipaes* Kunth) para palmito en la amazonía. Tratado de Cooperación Amazónica, Lima, Perú, 127 p.*
38. *Vollmer, U. 1977. Política forestal en Bolivia. Misión Forestal Alemana. Ministerio de AA.CC. y agropecuarios. CDF. La Paz, Bolivia, 155 p y anexos.*

2. ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

| | |
|---------------|--|
| ABIS | Asociación Boliviana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental |
| ASLs | Agrupaciones Sociales del Lugar |
| BCB | Banco Central de Bolivia |
| BID | Banco Interamericano de Desarrollo |
| BM | Banco Mundial |
| Bolfor | Bolivia Forestal |
| C | Carbono |
| CAF | Corporación Andina de Fomento |
| CBN | Cervecería Boliviana Nacional |
| CI | Conservación Internacional |
| CIAT | Centro de Investigaciones Agrícolas Tropicales |
| CICC | Consejo Interinstitucional del Cambio Climático |
| CIFOR | Centro Internacional de Investigaciones Forestales |

| | |
|-------------------------|---|
| CIT | Centro de Investigación Tecnológica |
| cm | Centímetros |
| CMNUCC | Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático |
| CO₂ | Dióxido de Carbono |
| COBOCE | Cooperativa Boliviana del Cemento |
| CONACYT | Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología |
| COVNM | Compuestos Volátiles diferentes del Metano |
| DAP | Diámetro a la altura del pecho (1.30 m) |
| DGICSA | Dirección General de Impacto, Calidad y Servicio Ambiental |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación |
| FONABOSQUE | Fondo Nacional de Desarrollo Forestal |
| g/cm³ | Gramos por centímetro cúbico |
| GEI | Gases de Efecto Invernadero |
| Gg | Gigagramos |
| Gt | Gigatoneladas |
| Ha | Hectárea |
| IMAE | Índice Mensual de Actividad Económica |
| INE | Instituto Nacional de Estadística |
| IPCC | Panel Intergubernamental sobre el Cambios Climáticos |

| | |
|-----------------------|---|
| IUFRO | Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal |
| LULUCF | Uso del Suelo, Cambio del Uso del Suelo y Actividades Silviculturales |
| m² | Metros cuadrados |
| m³ | Metros Cúbicos |
| M.A. | Manifiesto Ambiental |
| MDL | Mecanismo de Desarrollo Limpio |
| MDSMA | Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente |
| MDSP | Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación |
| mm | Milímetros |
| ms | Materia seca |
| m.s.n.m. | Metros sobre el nivel del mar |
| NO_x | Óxidos de Nitrógeno |
| ONGs | Organismos no gubernamentales |
| PAFBOL | Plan de Acción Forestal para Bolivia |
| PIB | Producto Interno Bruto |
| PNCC | Programa Nacional de Cambios Climáticos |
| ppm | Partes por millón |
| Probona | Programa de bosques nativos andinos |
| PyMES | Pequeñas y Medianas Empresas |
| R.M. | Resolución Ministerial |
| SF | Superintendencia Forestal |

| | |
|-----------------------|--|
| SIFOR | Sistema de información Forestal |
| SO₂ | Dióxido de Azufre |
| t | Tonelada |
| TCOs | Territorios Comunitarios de Origen |
| TER | Transferencia de Tecnologías Ecológicamente Racionales |
| TNC | Conservación de la Naturaleza |
| VMARNDF | Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal |
| WWF | Fondo Mundial para la Naturaleza |
| °C | Grados centígrados |
| % | Porcentaje |

