

APLICACIÓN DEL LCA A LA CADENA PRODUCTIVA DE MUEBLES DE MELINA: UNA OPCIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE DE LA INDUSTRIA FORESTAL COSTARRICENSE*

*Marjorie Hartley Ballesteró***

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha llegado a un consenso mundial acerca de la necesidad de un desarrollo sostenible. Este hecho ha permitido contar con un cambio de perspectiva respecto del desarrollo, que se entiende como un proceso en el cual es necesario reconciliar aspectos económicos y sociales con las dimensiones biofísicas de los recursos naturales, y la capacidad del ecosistema para brindar servicios ambientales, para que la sociedad pueda continuar su proceso evolutivo.

Esta conceptualización refleja la creciente preocupación por la relación existente entre las reservas de recursos naturales y los crecientes niveles de consumo de ellos y consecuentemente, la necesidad de incorporar más plenamente el manejo y gestión de estos recursos, a los procesos de decisión que afectan el crecimiento y desarrollo de la economía costarricense.

* El presente artículo es un extracto de la tesis de Maestría en Política Económica con Énfasis en Economía Ecológica y Desarrollo sostenible, titulada "Políticas Económicas para el Desarrollo Sostenible de la Industria Forestal en Costa Rica: Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) a la Cadena de Producción de Muebles que Utilizan Gmelina Arborea", de la misma autora. CINPE, UNA, 2003.

** Economista. Investigadora adjunta del CINPE, UNA.

Esto ha conducido al país a formular e implementar políticas económicas diversas tendientes a garantizar la conservación y preservación del acervo de recursos naturales, y la satisfacción de las necesidades de la población. Entre ellas, es necesario destacar el trabajo que se ha realizado en el sector forestal costarricense, que hoy por hoy, se perfila como uno de los más innovadores en desarrollo sostenible.

La política económica del sector forestal ha evolucionado a través de los años, hasta contar con programas que contribuyen con la preservación y conservación del recurso bosque, y además incorpora elementos económicos y sociales que buscan paralelamente, una mejora en la calidad de vida de las personas.

Para continuar con este proceso de avanzar hacia el desarrollo sostenible se debe hacer frente a nuevas demandas que el desarrollo mismo impone, en las cuales se destaca la producción de información que juega y debe jugar un papel crítico, en la toma de decisiones y en el seguimiento del desarrollo.

No cabe duda, que dentro del sector forestal, las plantaciones de melina y todas las actividades que están relacionadas con este cultivo, toman cada vez mayor importancia. Pero también, no hay duda, de que se requiere de mayor conocimiento sobre la especie y sobre su industrialización.

Una de las principales preocupaciones actuales sobre el éxito de los programas de reforestación y la sostenibilidad de la industria forestal, están relacionadas con el manejo de las plantaciones de melina. Por un lado, es la especie con la cual se va a continuar en mayor escala la reforestación y por otro, hasta ahora la calidad de la madera que sale de las plantaciones no es de la mejor, en consecuencia, la industria forestal utiliza materia prima de baja calidad para producir.

La baja calidad de la madera de melina que se ofrece en el mercado, se traduce en bajos precios de mercado y en productos, salvo pocas excepciones, de baja calidad. En estas condiciones la industria forestal costarricense se caracteriza por su bajo desempeño competitivo.

Si a lo anterior se suman las interrogantes que aún están por resolver, en relación con los impactos ambientales que ocasionan las plantaciones de melina y

la industria creciente de diámetros menores, se tiene que también la sostenibilidad del sector está en entre dicho.

Dado que la sostenibilidad del sector forestal costarricense descansa, en un buen porcentaje, sobre la sostenibilidad de su industria; la aplicación del LCA (por sus siglas en inglés)¹, permite realizar un abordaje sectorial a través de un análisis microeconómico. En esta tarea se ha tratado de caracterizar a la industria forestal de plantaciones, utilizando un estudio de caso que conduzca finalmente, a recomendaciones para mejorar su desempeño competitivo.

METODOLOGÍA DE LCA

Esta técnica examina cada etapa del ciclo de vida de un producto o servicio, desde la producción, extracción de materias primas, siguiendo con la fabricación, distribución, uso, posible uso/reciclado y disposición final. Para cada una de estas etapas se calculan las entradas (en términos de materia prima y energía) y salidas (en términos de emisiones al aire, agua y residuos sólidos) que posteriormente se totalizan. Estas entradas y salidas se traducen en las afectaciones ambientales que se provocan sobre el ecosistema, durante la cadena productiva en estudio. (Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile, 2001).

El LCA se define como «un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando la energía y los materiales utilizados y los residuos liberados al medio, para evaluar y poner en práctica mejoras ambientales» (SETAC, 1991).

Su utilidad recae en la entrega de información que permite al empresario tomar decisiones dirigidas a mejorar el desempeño ambiental de su industria. Además esta misma información puede ser utilizada para extender este beneficio individual a todo un sector, favoreciendo así su desempeño global mediante la propuesta de políticas económicas.

Pero el beneficio de la aplicación de esta técnica va más allá del desempeño ambiental. En efecto, se presentan oportunidades de mejoramiento tales como:

¹ Life Cycle Assessment.

sustitución de materias primas y otros insumos, manejo de residuos, etc. También en términos más cualitativos, contribuye con la sensibilización de los consumidores al diferenciar productos más limpios y buscar su preferencia en el mercado.

Con el fin de normalizar esta metodología y con ello lograr una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos, la International Organization for Standardization (ISO)², creó el Strategic Advisory Group on the Environment (SAJE)³, con el objetivo de discutir la necesidad de desarrollar normativas relativas a la gestión ambiental, dado el desarrollo del tema a nivel mundial. Las discusiones de este grupo condujeron a la creación en 1991 del Comité Técnico 207 (CT 207), el cual tiene la responsabilidad de desarrollar normas que incorporen el tema ambiental, con el gran desafío de no entorpecer el comercio internacional, y que hoy en día conocemos como la serie de Normas ISO 14,000 (Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile, 2001). El LCA proporciona, así todos aquellos elementos de análisis necesarios para certificar un producto, bajo esquemas de sellos verdes o ambientales (Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile, 2001).

El LCA puede dividirse en cinco fases, las cuales son propuestas en la guía de Heijungs (1992):

1. Definición de la Meta.
2. Análisis de Inventario.
3. Clasificación.
4. Evaluación.
5. Análisis de Mejoramiento.

El desarrollo de estas 5 etapas conducen a cuantificar los consumos de materias primas y energía, junto con todos los residuos sólidos, emisiones a la atmósfera, emisiones liberadas al suelo y vertidos al agua (las cargas ambientales), derivados de la industrialización de la madera de melina, que están dentro de los límites del sistema. Los resultados del estudio generan un inventario de las cargas ambientales asociadas a la actividad.

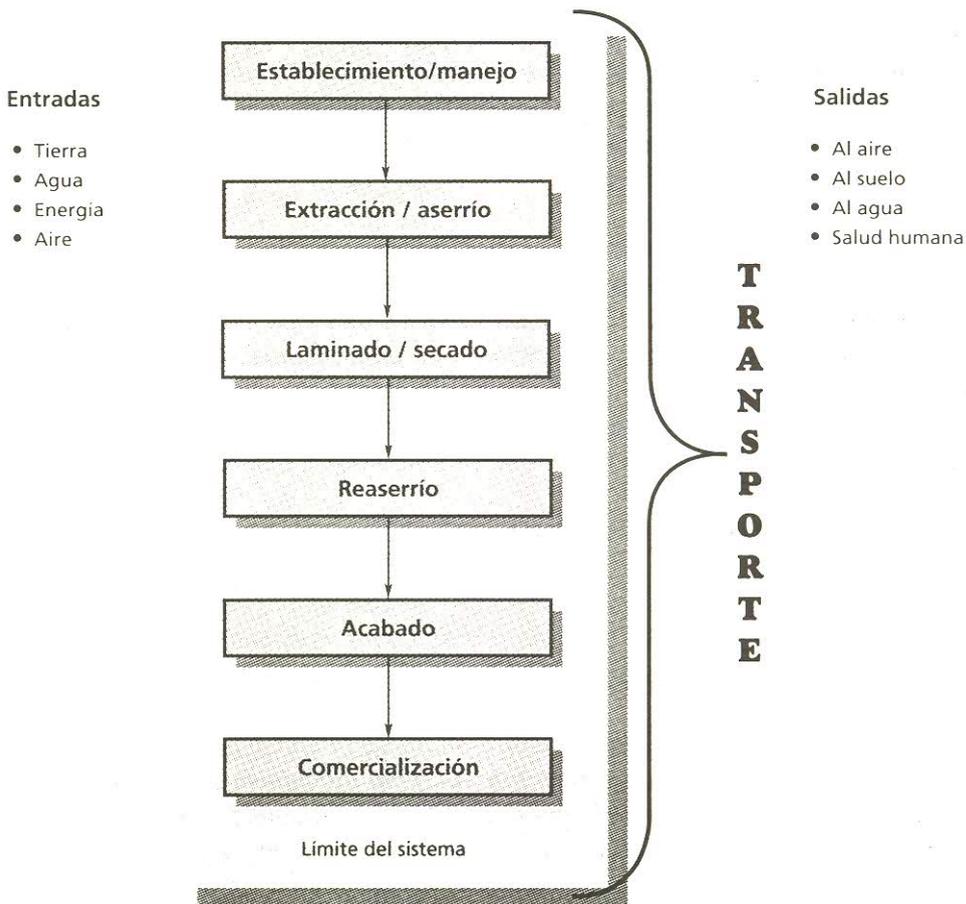
² Organización Internacional para la Normalización, fundada en 1947.

³ Grupo Asesor Estratégico en Medio Ambiente.

La aplicación del LCA a la fabricación de un mueble de melina, consiste en identificar y cuantificar, las entradas de recursos a cada fase del ciclo productivo, así como las salidas en forma de emisiones desde el establecimiento de la plantación de melina, pasando por la extracción y procesamiento de la madera, fabricación y comercialización de un mueble y todo el transporte involucrado en cada fase de la cadena productiva.

Figura N° 1

LCA A LA PRODUCCIÓN DE MUEBLES DE MELINA



1. DEFINICIÓN DE LA META

La metodología del LCA se aplica a la elaboración de un mueble en madera de melina, la silla denominada Buenos Aires. Este producto representa un ejemplo de los procesos de innovación a que se han sometido algunas industrias forestales, al utilizar la nueva materia prima existente en el mercado nacional, para la elaboración de muebles y otros usos; como es la melina. Esta silla es totalmente de madera y su elaboración implica la utilización de técnicas novedosas de tratamiento de la madera y diseño.

La plantación de melina que abastece de materia prima al sistema de la silla Buenos Aires tiene 12 años de establecida y se caracteriza por el poco manejo silvicultural que se le brinda. No se tiene conocimiento de la calidad de las plántulas sembradas para establecer la plantación. Para el procesamiento de la madera y elaboración de la silla se cuenta con una industria que posee aserradero propio, equipo y herramientas modernas.

Se ha elegido como unidad funcional, es decir, como objeto de análisis, una silla Buenos Aires, por tanto todos los datos que se presentan están en función de una unidad de este producto. La evaluación del ciclo de vida inicia con el establecimiento de la plantación, pasando por la extracción de la materia prima, su transformación, hasta el acabado, armado de la silla y su comercialización. Para este último proceso de la cadena productiva, se ha considerado un cliente promedio para el cálculo de la distancia que se recorre para la entrega del producto.

2. ANÁLISIS DE INVENTARIO

Consiste en cuantificar los consumos de materias primas y energía, junto con todos los residuos sólidos, emisiones a la atmósfera, emisiones liberadas al suelo y vertidos al agua, derivados de la cadena productiva de la silla Buenos Aires.

Para la creación del inventario del sistema de producto, se han examinado detalladamente los diversos segmentos de la cadena productiva, identificando los insumos utilizados, así como sus cantidades. Una tarea fundamental de esta fase es determinar los elementos que ingresan al sistema (insumos) y los que salen de él (salidas).

2.1 Insumos y Salidas del Sistema de la Silla Buenos Aires

Los diferentes procesos que se llevan a cabo para la elaboración de una silla Buenos Aires, requieren tanto de insumos de la economía, como del ecosistema natural y al mismo tiempo, esta utilización de recursos económicos y ambientales causan determinados impactos sobre el agua, el suelo, el aire y sobre la salud humana. En el Cuadro N° 1 se resumen las diversas actividades que se llevan a cabo para la elaboración de la silla, así mismo las afectaciones ambientales que se producen, desde el establecimiento de la plantación de melina, hasta la comercialización de la silla.

Queda claro que la actividad económica de fabricar muebles en madera de melina causa diversas afectaciones sobre el ecosistema que en su mayoría son negativas, pero por otro lado, también colabora con la captura y fijación de uno de los gases más importantes que produce el efecto invernadero, como es el dióxido de carbono (CO₂).

El uso de agroquímicos en la fase de establecimiento y aprovechamiento de la plantación, causa afectaciones negativas al agua y sobre todo, al suelo.

En términos generales, todos los procesos y actividades que se llevan a cabo causan deterioro de la salud humana, no sólo de las personas que trabajan directamente en su elaboración, sino inclusive, toda la población mundial, al contribuir, como se explicará más adelante, con problemas más globales.

En el desarrollo del ciclo de vida de la silla Buenos Aires se generan varios subproductos, algunos de ellos reingresan al sistema de producción y otros no. Los cabos, costillas y otras piezas defectuosas y desechadas de las diversas fases de producción, se incorporan al sistema cuando se utilizan para producir energía calórica en la caldera de los hornos de secado de la madera. Pero otros subproductos salen de este sistema e ingresan a sistemas de productos diferentes, que no están siendo considerados en este estudio. Tal es el caso de algunos cabos que se desechan durante el aserrío o también en el reaserrado que se utilizan para elaborar aglomerados o bien otro tipo de muebles tapizados.

Cuadro N° 1
INSUMOS UTILIZADOS Y SALIDAS QUE OCASIONA EL SISTEMA DE LA SILLA BUENOS AIRES

PROCESOS	INSUMOS		SALIDAS				
	DE LA ECONOMÍA	DEL ECOSISTEMA	A LA ECONOMÍA	AL ECOSISTEMA			
				AGUA	SUELO	AIRE	HUMANO
Establecimiento y manejo de la plantación	Plántulas de melina, herbicidas y fertilizantes.	Tierra y sus nutrientes, agua, luz solar		Deterioro de la calidad del agua por la escorrentía, tendencia a la nutrificación	Escorrentía, bioacumulación y persistencia en el suelo, afectación a la microflora y microfauna	Liberaciones de partículas de los agroquímicos. Captura y almacenamiento de carbono	Toxicidad humana.
Extracción y Aserrío	Diesel, gasolina, grasas y lubricantes. Fuerza animal.		Ramas de melina, boruchas, cabos, aserrín, costillas		Desechos biodegradables como: hojas, ramas.	Emisiones de CO ₂ , SO ₂ , NO _x , CO.	Enfermedades respiratorias. Ruido.
Laminado y Secado	Agua potable, químico, leña, energía eléctrica	Viento	Hollín, cenizas, aserrín, cabos			Emisiones de gases por la quema de leña, liberación de partículas de hollín y madera.	Enfermedades respiratorias.
Reaserrío	Energía eléctrica, grasas y lubricantes.		Borucas, cabos, aserrín.		Polvo y aserrín de madera	Polvo de madera.	Ruidos muy fuerte, los operarios no utilizan protección.
Acabado	Energía eléctrica, tintes, sellador, lacas, thinner.	Viento			Polvo y aserrín de madera	Partículas de polvo de madera, partículas de componentes volátiles	Enfermedades respiratorias, dolores de cabeza, deformación de huesos.
Comercialización	Diesel, grasas y lubricantes.					Emisiones de CO ₂ , SO ₂ , NO _x , HC, CO.	Enfermedades respiratorias.

2.2 Límites entre el Sistema Económico y Ambiental

El examen del ciclo de vida de la silla Buenos Aires, muestra la íntima relación que existe entre el sistema económico y los otros sistemas como el ecosistema y el sistema humano. Estos sistemas se encuentran íntima y recíprocamente relacionados, y en este sentido son fundamentalmente abiertos (Aguilera, 1996). Constantemente se dan traslados de un sistema a otro.

Históricamente, el hombre no ha utilizado los recursos naturales de manera aislada, sino que se ha apropiado de ellos. Se ha propiciado así un proceso coevolucionista correctamente interpretado por Norgaard y citado por Aguilera (1996) como un Desarrollo coevolucionista, en el sentido de que existe una interdependencia mutua entre el ecosistema natural, el sistema social y el sistema económico, que exige, a su vez, una mutua adaptación de los sistemas. Es decir, en la medida en que el sistema económico y el social se modifican, propician cambios en el ecosistema natural, y éste se ve obligado a adaptarse y con ello también obliga a los otros a modificarse, así avanza el conocimiento y surgen nuevas instituciones, nuevas normas de comportamiento, nuevas formas de producir, etc.

2.3 Tabla de inventario

Para la creación de la tabla de inventario se cuantifican las emisiones ambientales que se producen durante el ciclo de vida de la silla Buenos Aires. Las mediciones que se analizan corresponden a las emisiones de gases, partículas y otros efectos causados por la utilización de los diferentes insumos para la elaboración de la silla.

Para la estimación de las emisiones se procedió a calcular la cantidad de insumos utilizados durante el ciclo de vida de la silla, así como las principales sustancias que los conforman. Cada insumo o sustancia está cuantificado por unidad funcional.

En el Cuadro N° 2 se clasifican las diversas sustancias emitidas durante la cadena productiva de la silla Buenos Aires, por liberaciones al aire, al agua y al suelo, por unidad funcional. Obsérvese que las sustancias utilizadas en el segmento de establecimiento y manejo de la plantación de melina, son cantidades muy

CUADRO N° 2
TABLA DE INVENTARIO DE EMISIONES
DEL SISTEMA DE LA SILLA DE BUENOS
AIRES
En kg. por silla

EMISIONES POR SILLA	Escenario BASE
EMISIONES AL AIRE	
N ₂ O	
FERTILIZANTES - Fórmula completa 12-24-12	0,0679
CO ₂	
Por el uso de combustibles como gasolina, diesel y leña	2 6012.6452
NO _x	
Por el uso de combustibles como gasolina, diesel y leña	303.8865
HERBICIDAS - Glifosato	0,00007
C ₆ H ₅ CH ₃	
Por uso de hidrocarburos aromáticos en el acabado de la silla	0,9242
CETONA	
Por el uso de hidrocarburos oxige- nados en el acabado de la silla	0,6070
EMISIONES AL AGUA	
HERBICIDAS - Glifosato	0,00007
EMISIONES AL SUELO	
N	
FERTILIZANTES - Fórmula completa 12-24-12	0,0200
HERBICIDAS - Glifosato	0,0032
INSUMOS SIN ESTIMACION DE EMISIONES	
ENERGIA ELECTRICA Consumo durante el proceso de industrialización de la madera KW/h	7,7647
USO DE LA TIERRA	
Escorrentia promedio anual m.m.	?
Utilización de espacio para industria	?

Fuente: Hartley, 2003.

pequeñas, en comparación con la cantidad de sustancias emitidas por el consumo de materiales combustibles como el diesel, gasolina y leña.

3. CLASIFICACIÓN

En esta fase del LCA se describe la contribución de las emisiones inventariadas con problemas ambientales y con daños a la salud humana. Los primeros desde un punto de vista cuantitativo que permiten construir un perfil ambiental de la unidad funcional, y los segundos desde un punto de vista más bien cualitativo. Se relaciona de esta forma a la cadena productiva de la silla Buenos Aires con problemas ambientales tales como: calentamiento global, formación de oxidante fotoquímico, toxicidad humana, acidificación y nutrificación.

En el Cuadro N° 3 se muestra la contribución de la producción de una silla Buenos Aires, desde la producción de la materia prima hasta la comercialización del producto acabado, con problemas ambientales globales. Dicha contribución se muestra según las sustancias emitidas en kilogramos por unidad funcional.

Como se puede observar en el Perfil Ambiental del sistema de la silla Buenos Aires, la categoría de mayor impacto es la contribución con el calentamiento global. Dentro de esta categoría se destaca la participación de las emisiones de CO₂ y en menor medida las emisiones de N₂O.

Seguidamente, la toxicidad humana es la segunda categoría de impacto en importancia. El mayor efecto lo proporciona la emisión al aire de NO_x, sobre todo aquella proveniente de la quema de leña durante el secado de la madera. La tercera categoría en importancia de impacto, es la tendencia a la acidificación provocada por la emisión de NO_x por el uso de combustibles fósiles y principalmente por la quema de leña.

Además la cadena productiva de la silla Buenos Aires genera algunas otras sustancias y desechos que no fue posible cuantificar, pero que es importante mencionar, como por ejemplo, xileno, resinas, metil isobutil acetona y otros. Seguidamente se detallan algunas de estas emisiones.

Captura de Carbono de la atmósfera

Como se ha comprobado, el sistema de la silla contribuye con la tendencia al incremento de gases nocivos en la atmósfera, sin embargo, según explica Soto (1999), una forma de compensar al medio ambiente, es a través de las contrapartidas de emisiones de dióxido de carbono. Los sumideros de largo plazo como son los bosques naturales y las plantaciones, tienen capacidad para fijar CO₂, por medio de los procesos fisiológicos de las plantas.

Siguiendo a Soto (1999), la producción forestal influencia el flujo de carbono como CO₂ dentro y fuera de la atmósfera por medio de dos procesos: la fijación o asimilación que representa el crecimiento de la biomasa forestal y el proceso de emisión, provocado por la descomposición de la biomasa como consecuencia de la muerte natural o con el uso que se le dé. Debido al prolongado lapso entre la fijación y emisión de CO₂ relacionado con el crecimiento de la madera, implica que el incremento en la producción de esta materia prima, podría reducir la cantidad de CO₂ en la atmósfera por un largo período.

Según Kyklund citado por Soto (1999), utilizar la madera con el mínimo desperdicio, transformarla en productos duraderos y regenerar debidamente, permite

CUADRO N° 3
CLASIFICACIONES DE IMPACTO Y PERFIL AMBIENTAL PARA SISTEMA
DE LA SILLA BUENOS AIRES
Emisiones en kg. por silla

CATEGORIA DE IMPACTO	CLASIFICACIONES
	DE IMPACTO
CALENTAMIENTO GLOBAL	26030,9827
CO ₂	26012,6452
N ₂ O	18,3375
OXIDANTE FOTOQUIMICO	0,6284
C ₅ H ₅ CH ₃	0,5203
Cetona	0,1081
TOXICIDAD HUMANA	237,1125
AL AIRE	237,1015
Glifosato	0,0340
NO _x	237,0315
C ₃ H ₅ CH ₃	0,0360
AL AGUA	0,00021
Glifosato	0,00021
AL SUELO	0,0108
Glifosato	0,0108
ACIDIFICACION	212,7206
NO _x	212,7206
NUTRIFICACION	39,5136
N	0,0084
NO _x	39,5052

Fuente: Hartley, 2003.

fijar el máximo posible de CO₂. Así, se tiene que la transformación de la madera de melina en una silla Buenos Aires, es un sistema de fijación y almacenamiento de CO₂, continuos. La plantación de melina contribuye con la fijación del dióxido de carbono según se incrementa la biomasa, y la silla almacena a largo plazo este gas. Además proporciona otros bancos de almacenaje al generar algunos

residuos durante su producción, como son los cabos, que se utilizan para la elaboración de otros productos duraderos.

Generación de desechos

Durante las actividades de lijado y de limpieza de las partes de la silla Buenos Aires, se generan desechos sólidos como aserrines mezclados con sustancias aplicadas y papel de lija de desperdicio, así como los trapos viejos con componentes químicos. Los recipientes y contenedores desocupados de pintura, disolventes y demás sustancias utilizadas, constituyen desechos sólidos a manejar.

Se producen además desechos líquidos durante la aplicación de los recubrimientos en las operaciones auxiliares como por ejemplo: cambio de retenedores de las pistolas de rociado, limpieza de las cabinas de rociado, el manejo y disposición de trapos y el raspado de muebles.

Durante la aplicación de las diferentes sustancias para el acabado de la silla como: barnices, lacado por rociado y en las etapas de secado, los disolventes empleados liberan vapores, contaminando el aire. Estas emisiones se concentran en el área de rociado, el secado natural. Aquí es importante resaltar que la mueblería no cuenta con filtros para la extracción de la nube que se produce durante el rociado de las piezas de la silla, por tanto en esta área se concentra una gran cantidad de Componentes Orgánicos Volátiles (COVs) y partículas suspendidas en el aire.

Salud Humana

El principal riesgo que se corre al utilizar solventes es la inhalación de vapores, pueden causar graves daños a la salud, dependiendo del grado de exposición de las personas y sobre todo del operario. Las afectaciones se presentan en el sistema nervioso central que producen dolores de cabeza, náuseas estomacales y también en la piel provocando alergias y sensibilización de la piel.

En un lugar donde no se cuenta con extractores ni filtros para los vapores, se corre además, el grave riesgo de fuego. La concentración de vapores en la cabina de rociado indica que existe concentración de partículas inflamables al aire.

3.1 El Perfil Ambiental del Sistema de la Silla Buenos Aires

Para la evaluación del ciclo de vida de la silla se ha dividido la cadena productiva en 6 fases o segmentos. El primero denominado Establecimiento/Manejo (EST/MA), se refiere a las actividades que tienen lugar en la plantación de melina para producir la materia prima, en las cuales se utilizan fertilizantes y hierbicidas. El segundo, Corta y Extracción (CT/EX) se incluyen las actividades que utilizan combustibles como gasolina para la corta con motosierra y diesel para el transporte. El tercer segmento de la cadena; Laminado y Secado (LA/SE), se refiere a producción de láminas de madera y su posterior secado en los hornos. El cuarto segmento se denomina Reaserrío, no se presenta en el análisis de emisiones porque su principal insumo es la electricidad y su consumo no produce emisión alguna. El quinto segmento llamado Acabado (ACA), analiza las emisiones provocadas durante los procesos de tinte y acabado final de la silla. Por último el análisis del ciclo productivo incluye la fase de Comercialización (COM) en la cual se ha incluido únicamente el uso de diesel como insumo principal. A continuación se presenta la contribución del sistema de la silla Buenos Aires con las clasificaciones de impacto ambiental seleccionadas.

Calentamiento Global

Las sustancias emitidas por el sistema de la silla Buenos Aires que más contribuyen con el Calentamiento Global, son Dióxido de Carbono (CO_2) y el Dióxido de Nitrógeno (N_2O). La primera de estas sustancias se emite durante la extracción de la materia prima en la plantación, específicamente durante el proceso de aserrío de las trozas y su transporte hasta el aserradero y principalmente, durante el proceso de secado de la materia prima en el cual se quema leña para producir el vapor de la caldera.

La segunda sustancia se emite durante los procesos de establecimiento de la plantación por la aplicación de fertilizantes. Se tiene así como resultado, que el proceso que más contribuye con el efecto invernadero es el de laminado y secado.

Oxidante Fotoquímico

Las dos sustancias que contribuyen con la oxidación fotoquímica son el Tolueno ($\text{C}_5\text{H}_5\text{CH}_3$), en aproximadamente un 80% y la Cetona con el restante

20%. Ambas sustancias provienen de la aplicación de tintes, thinner, lacas y sellador, durante el proceso de acabado de la silla. Este proceso es por tanto, el único responsable de este efecto ambiental.

Toxicidad Humana

Esta clasificación de impacto agrupa afectaciones sobre el aire, el agua y el suelo, que posteriormente tienen un efecto sobre la salud humana. En los dos últimos ecosistemas, el impacto es provocado por el uso de fertilizantes en los procesos de establecimiento y manejo de la plantación, durante los cuales se emiten sustancias como el Glifosato y en el proceso de aserrío se emite el Dióxido de Nitrógeno (NO_x). La toxicidad al aire, proviene del uso de fertilizantes en la plantación, por la emisión de Tolueno en el acabado de la silla y por el uso de diesel y gasolina para el aserrío y transporte.

El segmento de la cadena productiva de la silla Buenos Aires que más contribuye con la toxicidad humana, es el laminado y secado de la madera, por la emisión de NO_x al quemar la leña en la caldera.

Acidificación

Solamente una sustancia, emitida en el sistema de la silla Buenos Aires, contribuye con la acidificación y proviene de los procesos de aserrío de las trozas y durante la quema de leña en la caldera para el secado de la madera, el NO_x es emitido fundamentalmente durante el proceso de laminado y secado de la madera y durante la comercialización de la silla.

Nutrificación

Se contribuye con la tendencia a la nutrificación por la emisión de Nitrógeno durante la fertilización de la plantación de melina y durante la emisión de NO_x , en los procesos de secado de la madera y por el uso de combustibles para el aserrío y el transporte de las trozas y sillas. El proceso que más contribuye con esta tendencia es el secado de la madera.

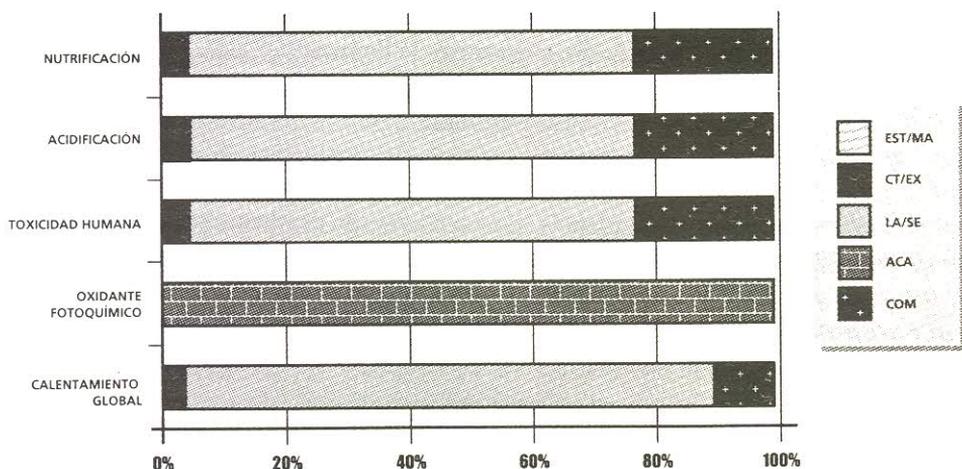
En términos generales y como resultado de observaciones antes señaladas, el proceso que contribuye mayormente con las afectaciones ambientales es el

laminado y secado de la madera de melina. En el Gráfico N° 1, se muestra como las sustancias emitidas durante el proceso de secado de la madera (barras más blancas) son las que contribuyen con casi todos los efectos ambientales, exceptuando la tendencia a la oxidación fotoquímica.

El segundo segmento de la cadena productiva de silla Buenos Aires en importancia, de emisiones ambientales, es el de comercialización (barras con rayas), del producto una vez terminado. Al igual que el laminado y secado de la madera contribuye con cuatro de las cinco clasificaciones de impacto que se han analizado, pero en menor porcentaje. En menor medida el segmento de corta y extracción (barras con puntos más negros) también contribuye con estas afectaciones ambientales. Y por último los procesos de acabado de la silla, son los que contribuyen exclusivamente con la oxidación fotoquímica (barra con ondas).

Hasta aquí es importante retomar una de las principales preocupaciones que se tenía al inicio de la presente investigación, que se refería al manejo inadecuado que se ha estado dando a las plantaciones de melina, y la consecuente baja calidad

GRÁFICO N° 1
AFECTACIONES AMBIENTALES PROVOCADAS POR EL SISTEMA DE LA SILLA BUENOS AIRES POR PROCESO PRODUCTIVO



de la madera resultante. Los datos, que hasta ahora ha arrojado la evaluación del ciclo de vida de la silla Buenos Aires, indican que en relación con las afectaciones ambientales al segmento de la cadena al que hay que poner mayor atención, es al de laminado y secado y no necesariamente al de establecimiento y manejo de la plantación de melina. No obstante estos resultados, el interés en evaluar con mayor detalle la fase de establecimiento y manejo sigue vigente para ver cómo se comportan estos resultados si se le brinda manejo adecuado a la plantación.

4. EVALUACIÓN

Como no se ha llevado a cabo un manejo silvicultural en la plantación de melina, se tiene como resultado árboles con formas irregulares, nudos muertos, baja altura (7 u 8 metros el fuste comercial) y con un Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) de 26 cm. en promedio por fuste comercial. Estas características de la materia prima contribuyen con el porcentaje de desperdicio, alcanzando niveles del 42% aproximadamente, en la fase de aserrío de la troza. En el Cuadro N° 4 se detallan los porcentajes de desperdicio según se transforma la materia prima para elaborar la silla Buenos Aires.

CUADRO N° 4

ESTADO DE LA MATERIA PRIMA	% DE DESPERDICIO
Troza → block	42%
Block → tabla	19%
Tabla → regla	19%
Reglas → piezas torneadas y lijadas	20%

Fuente: Hartley, 2003.

Cuando la troza que se va a procesar tiene un DAP de 26 cm. en promedio, no es posible aprovechar algunas partes de los costados, que son eliminados para poder darle forma de cuadro y sacar las tablas, posteriormente.

La materia prima se desperdicia también durante el proceso de fabricación del asiento y respaldo de la silla. Estas piezas se fabrican en torno de chapeta,

cuando la troza se desenrolla para obtener las láminas de madera, se pierde un 37% de biomasa, y cuando son secadas, cortadas y lijadas, se pierde un 25%, hasta obtener las piezas listas para ser acabadas y armadas.

Estos altos niveles de desperdicio de la materia prima indican que el sistema de la silla Buenos Aires se caracteriza por ser poco ecoeficiente. El ciclo de vida no contribuye con la reducción en la intensidad de uso de los recursos naturales, al contrario demanda materia prima que finalmente no es aprovechada en la producción.

No obstante, es importante recalcar que durante el desarrollo del ciclo de vida de la silla, se generan residuos, que representan parte del desperdicio de materia prima, que son reutilizados dentro del mismo sistema o bien, salen a otros sistemas de producto. Esta es una forma de contribuir con un mejor uso de los residuos, reduciendo la cantidad de desperdicios generados.

Otro aspecto que resulta importante mencionar, desde el punto de vista de ecoeficiencia, es el uso de la energía eléctrica por parte de la empresa, la cual tiene una tarifa T-6 (tarifa preferencial) establecida por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), para clientes que registren consumos mensuales mayores de 3,000 kw/h y que realicen manejo de carga (Alemán, 2002).

El ICE hace registro mensual de un factor denominado potencia, que se define como el cociente entre la energía activa consumida por la empresa y la energía aparente (energía total), suministrada y su valor está comprendido entre 0 y 1. Un factor de potencia de 1 indica un consumo de energía reactiva pequeña y por lo tanto optimiza el funcionamiento de la instalación.

Lo ideal, explica Alemán (2002), es que la empresa se mantenga en un factor de potencia de 0.95, de lo contrario se encuentra desperdiciando energía reactiva. La industria que fabrica la silla Buenos Aires presenta un factor de potencia promedio de 0.74. Este hecho significa un costo adicional para la empresa porque el ICE castiga a las instalaciones con una tarifa mensual por el desperdicio. Pero además para la sociedad los bajos factores de potencia representan serios inconvenientes, como son:

- Mayor generación de energía reactiva.
- Mayor pérdida de energía en las líneas de transmisión y distribución.

- Caída de tensión en las mismas.
- Empleo de máquinas de generación de mayor potencia.
- Equipos de transformación de tensión más grandes.
- Líneas de transmisión de energía de mayor sección.
- Incremento significativo en los costos de instalación y explotación.
- Encarecimiento del servicio eléctrico que debe ser costeado por el usuario.

En términos generales, este desperdicio de energía reactiva representa un costo social alto (para los usuarios y para el ICE) y si se consideran los impactos ambientales que provoca la generación de energía eléctrica, también representa un alto costo ambiental.

Evaluando así el uso de la energía eléctrica, que es un insumo de producción importante en sistema de la silla Buenos Aires, se tiene que es poco eficiente. El factor de potencia bajo es un indicador de que el sistema no está contribuyendo con minimizar la intensidad energética de los bienes y servicios que produce.

5. ANÁLISIS DE MEJORAMIENTO

Distintos profesionales⁴ del sector forestal coinciden en afirmar que el manejo silvicultural en una plantación de melina es fundamental para obtener materia prima de alta calidad. Esta característica tiene implicaciones sobre el mercado; mejora los precios de la madera y también las trozas más rectas y gruesas, sin nudos u otras irregularidades reducen los niveles de desperdicio al procesarlas en el aserradero. Es de esperar entonces, que el producto resultante también sea de mejor calidad y mayor durabilidad.

Para efectos de esta investigación, se realizaron pruebas en el aserradero de la empresa que fabrica la silla Buenos Aires, con una troza proveniente de una plantación de melina con manejo silvicultural. La troza tiene un DAP de 34 cm, que es el diámetro promedio de los árboles de melina en plantación manejada. Los resultados fueron sorprendentes al confirmar que el porcentaje de desperdicio en la fase de aserrío se reduce, pasando de 42% a 34% de biomasa inicial. Esta reducción

⁴ Entrevistas con: Dr. Olman Murillo, ITCR, Dr. Luis Fernando Sage, Consultor Forestal, Ing. Jhonny Méndez, CODEFORSA.

se debe a que la mayor circunferencia permite aprovechar partes de los costados, que en diámetros más pequeños es imposible.

Las diferencias más relevantes al comparar el sistema de la silla Buenos Aires con manejo de la plantación y sin manejo de la misma, tienen que ver con la cantidad y calidad de la materia prima que se produce. La técnica silvicultural que utiliza Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA), recomienda los raleos de la plantación hasta llegar a un total de 214 árboles por hectárea, mientras que en el escenario base se consideran 800 árboles por hectárea. Estos árboles son de mayor altura y con mayor diámetro. Se tienen entonces menos árboles por hectárea, por eso se consume más fertilizante y herbicida por Pulgada Maderera Tica (PMT). Pero se procesan y transportan más pulgadas de madera, por eso se reduce el consumo de combustible por PMT.

Estas diferencias en relación con el escenario base, sin manejo de la plantación de melina, arrojan un perfil ambiental para el sistema de la silla Buenos Aires, que se puede calificar de menos impactante para el ambiente. Esta afirmación se puede comprobar al observar los datos que muestra el Cuadro N° 5. Todas las afectaciones ambientales analizadas muestran una menor contribución, especialmente en relación con la contribución al calentamiento global, que se reduce en un 24% y la contribución con la toxicidad humana y la acidificación que se reducen en un 22% cada una.

La plantación de melina que abastece de materia prima al sistema de la silla Buenos Aires, no ha recibido un manejo silvicultural adecuado, porque los propietarios consideran que es mejor para el ambiente no intervenir y dejar que la plantación se desarrolle naturalmente. Este sentimiento positivo hacia el recurso forestal no ha permitido obtener materia prima de buena calidad y como se ha visto, esto ha conducido a tener procesos poco eco-eficientes.

En estas circunstancias, el establecimiento de la plantación no se entendió como parte de un proceso de producción forestal que requiere de materia prima de alta calidad, que pueda ser industrializada y fabricar muebles de alta calidad y durabilidad.

En este sentido, ha hecho falta la integración de los diversos procesos del ciclo de vida de la silla Buenos Aires. La calidad de los insumos que se utilicen en

CUADRO N° 5

CLASIFICACIONES DE IMPACTO Y PERFIL AMBIENTAL PARA SISTEMA DE LA SILLA BUENOS AIRES POR ESCENARIOS DE ANÁLISIS

CATEGORIA DE IMPACTO en kg./silla	CLASIFICACIONES DE IMPACTO	
	SIN MANEJO	CON MANEJO
CALENTAMIENTO GLOBAL	26030,9827	19853,9742
CO ₂	26012,6452	19834,8127
N ₂ O	18,3375	19,1614
OXIDANTE FOTOQUIMICO	0,6284	0,6284
C ₂ H ₅ CH ₃	0,5203	0,5203
Cetona	0,1081	0,1081
TOXICIDAD HUMANA	237,1125	186,1483
AL AIRE	237,1015	186,1296
Glifosato	0,0340	0,0578
NO _x	237,0315	186,0358
C ₃ H ₅ CH ₃	0,0360	0,0360
AL AGUA	0,00021	0,00036
Glifosato	0,0002	0,00036
AL SUELO	0,0108	0,0184
Glifosato	0,0108	0,0184
ACIDIFICACION	212,7206	166,9552
NO _x	212,7206	166,9552
NUTRIFICACION	39,5136	31,0147
N	0,0084	0,0088
NO _x	39,5052	31,0060

Fuente: Hartley, 2003.

las primeras fases del ciclo de vida, son fundamentales para determinar la calidad de los resultados que se obtengan y obviamente del producto final. La ecoeficiencia en toda la cadena depende entonces de entender el proceso como un todo.

Es injusto calificar al proceso de industrialización de la madera como poco ecoeficiente, por sus altos niveles de desperdicio de la materia prima, si realmente es una característica que ha sido heredada de las fases anteriores. Lo que sucede es

que al no aplicar técnicas silviculturales adecuadas, se está trasladando el problema de la poca productividad de la plantación, a la industria.

Funcionarios de CODEFORSA de San Carlos, que ha sido una de las regiones en el país de mayor éxito en reforestación, afirman tener problemas para hacer entender a los finqueros sobre la necesidad de cortar árboles periódicamente (rales), para beneficiar el crecimiento y calidad de los fustes de los mejores árboles. Esta filosofía de que las plantaciones son para reforestar no ha permitido entenderlas como un cultivo técnico de árboles (Rojas, 1999).

Para superar esta filosofía de sembrar palos y alcanzar la de cultivar madera, es necesario optimizar el proceso de producción forestal, desde la semilla, siguiendo por los viveros, establecimiento, manejo, industrialización y comercialización de los productos. De manera que en cada fase se garantice la eficiencia del sistema en su totalidad.

COMENTARIOS FINALES

La aplicación del LCA a la cadena productiva de la silla Buenos Aires ha permitido, a través de un análisis microeconómico, obtener resultados que trascienden esta esfera y destacar la importancia de integrar y coordinar a los diversos agentes que participan dentro del sector forestal, tanto privados como estatales, para lograr impregnar en los diversos segmentos de la cadena productiva de muebles de melina, criterios de sostenibilidad.

El mejoramiento en la productividad de la plantación de melina contribuye además con un mejoramiento en la productividad de la industria forestal, mostrando bajos niveles de desperdicio de la materia prima, uso eficiente de la misma y por tanto reducción de emisiones contaminantes al ecosistema por unidad de producto.

Estos criterios de sostenibilidad como se ha mostrado, necesariamente deben incorporar elementos de la ecoeficiencia, tales como: minimización en el uso de materiales y energía, producir bienes durables de alta calidad, reducción del desperdicio de materias primas, reducción en la emisión de contaminantes. Estos elementos garantizan un incremento paralelo, en la intensidad de servicio que proporciona un producto a sus consumidores.

El proceso de formulación de políticas para la industria forestal debe captar e incorporar la complejidad de los diferentes sistemas (económico, social, ambiental), y sus interrelaciones, mostrando así su carácter sistémico. Estos criterios deben basarse en la ecoeficiencia para que las actividades que se llevan a cabo durante el establecimiento y manejo de la plantación, transformación de la materia prima hasta la elaboración de un mueble de melina, y finalmente su comercialización, minimicen el uso intensivo de materiales y energía por unidad de producto, contribuyendo al mismo tiempo, con un mejor desempeño competitivo del sector.

La competitividad sostenible de la industria forestal costarricense debe garantizar la calidad de los bienes y servicios que brindan, así como la calidad de vida de las personas, a la vez que se reducen progresivamente los impactos ambientales que se generan.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, Federico 1996. *La Economía Ecológica como un sistema diferente de conocimiento*. En: (<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n8/afagu2.html>).
- Alemán T., Tomás 2002. *Conocimientos Generales de Facturación Máxima Demanda*. Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Sector Electricidad.
- Centro de Sanidad Ambiental. 1999. *La contaminación del Aire-Ficha Técnica*. En (http://envtax.ucdavis.edu/cehs/TOXINS/SPANISH2/airquality/Air_Quality_Environminutes.html).
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2001. *Guía Metodológica Estudio de Ciclo de Vida ECV. Proyecto Minimización de Residuos Provenientes de Envases y Embalajes*. Gobierno de Chile. Junio.
- Departamento Técnico-Administrativo del Medio Ambiente DAMA. Colombia. *Términos de Referencia para el Estudio de Impacto Ambiental de la Industria de Muebles y Enseres de Madera*. En: (www.cama.gov.co.html).
- Hartley Ballester, Marjorie. 2003. *Políticas Económicas para el Desarrollo Sostenible de la Industria Forestal en Costa Rica: Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) a la Cadena de Producción de Muebles que Utilizan Gmelina Arborea*. Heredia, Costa Rica. Tesis (Maestría). CINPE-UNA.
- Heijungs, R. 1992. *Environmental Life Cycle Assessment of Products*. Guide- October. Centre of Environmental Science, Leiden.
- Meza, Alejandro, Arguedas, Marcela, Rojas, Fredy, Monge, Francisco y León Mylenné. 1995. *Modelos de Integración Bosque-Industria Basados en Plantaciones Forestales de Medianos y Pequeños Reforestadores en Costa Rica*. Memoria Seminario-Taller. Cartago. ITCR.
- Sociedad de Toxicología y Química, SETAC. 1991. *Código de Procedimiento*.