

3. Enfoque teórico

La finalidad básica de la Terminología Unificada sobre Bioenergía (TUB) es crear un marco idóneo para identificar la cuantía y el tipo de bioenergía procedente de diferentes fuentes de abastecimiento de biocombustibles, con el objeto de satisfacer las necesidades de los usuarios finales. El *biocombustible* o vector energético del tipo que sea es el parámetro básico que debe contabilizarse y clasificarse adecuadamente. Tanto en forma comercial como no comercial, estos *biocombustibles* deben ser considerados como bienes o productos en grado de satisfacer los requerimientos energéticos de la demanda.

La figura 2 presenta los sistemas *bioenergéticos* e indica el recorrido físico de los *biocombustibles*, con miras a atender la demanda.

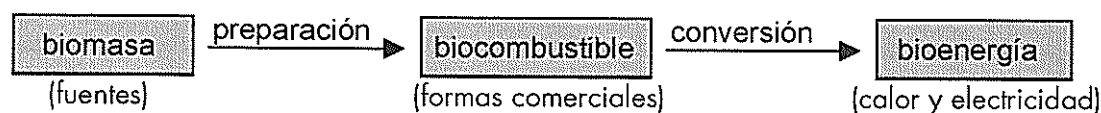


Figura 2: Cadena de producción de bioenergía

Para la consecución de los objetivos de la TUB se parte de tres puntos de vista diferentes:

- ▶ las **fuentes de biocombustible**. Se trata de la ubicación inicial del insumo material (*biomasa*) en los ciclos económicos y ecológicos (por ejemplo, *madera forestal*, *árboles forestales energéticos*, *subproductos de la extracción forestal*, *subproductos paisajísticos*, *subproductos agrícolas*, *subproductos agroindustriales*, etc.);
- ▶ los **tipos de biocombustible**. Esto ensambla la índole y el origen del *biocombustible* en la misma estructura que las fuentes de *biomasa* (por ejemplo, *combustibles leñosos*, *combustibles herbáceos*), así como los principales productos comercializados (*leña*, *carbón vegetal*, *gas de gasógeno*, *biocombustible en astillas*, *biocombustible empacado*);
- ▶ los **parámetros del biocombustible esenciales** (por ejemplo, *humedad*, *ceniza total*), y las condiciones de muestreo, prueba y clasificación.

Se examina esto más detalladamente en los capítulos siguientes. En el capítulo 6 puede verse un índice de los términos correspondientes y en el 7 las definiciones por orden alfabético. En el glosario del capítulo 8 figuran los términos principales en inglés y sus equivalentes en español y en francés.

En la presente versión hay todavía puntos débiles y traslapos que será preciso aclarar en el futuro. Debido a los recientes progresos técnicos en el sector *bioenergético*, se han suprimido ciertos términos de uso corriente en publicaciones y bibliografías anteriores. Se ha eliminado, por ejemplo, *energía no comercial* y se ha revisado la definición de *biocombustible*, que solía designar la *biomasa* elaborada para la producción de etanol, ésteres, etc., con objeto de que se ciña mejor a la realidad. Procede señalar que se emplea en la actualidad la expresión *plantaciones energéticas* para designar a la vez las plantaciones forestales y las agroenergéticas; en esta nueva clasificación las *plantaciones energéticas* remiten a las plantaciones forestales energéticas, mientras que a las plantaciones agrícolas se las califica simplemente de *cultivos energéticos*.

En otros casos se proponen nuevos términos. Por ejemplo, *agrocombustibles* designa los *biocombustibles* derivados de actividades no forestales. Estos incluyen los *subproductos agrícolas*, los *animales* y los *agroindustriales*. En general, se sugiere la sustitución de *desechos* y *residuos* por *subproductos*.

3.1 Fuentes de aprovisionamiento de biocombustibles

Para conseguir que las distintas bases de datos de estadísticas de biocombustibles sean compatibles, intercambiables y brinden información completas del sistema bioenergético considerado y sus fuentes de aprovisionamiento es preciso tener en cuenta varios aspectos. Por ejemplo: las operaciones comerciales, los *balances de biocombustible* y la *bioenergía derivada*, la terminología de los *biocombustibles*, informaciones sobre las características de la oferta, la demanda y la utilización, los requisitos ecológicos y las calidades de los biocombustibles involucrados. También hay que tener en consideración las diferentes facetas de la *clasificación* en función de los sistemas de producción, de los sectores económicos y del tipo de biocombustible (véase el cuadro 1).

Cuadro 1: Aspectos pertinentes para la clasificación

clasificación en función de	información pertinente	necesaria para		
		las esta- dísticas	los balances, bioenergé- ticos	el comercio
sistemas de producción:	- cultivos energéticos - subproductos - productos de utilización final	- características de la oferta, la demanda y la utilización - calidad del biocombustible	x	x
sectores económicos:	- dendrocombustibles - agrocombustibles - subproductos de origen municipal	- características de suministro - requisitos ecológicos relativos a los recursos	x	x
tipos de materia:	- biomasa leñosa - biomasa herbácea - frutos y semillas - varios/mezclas	- requisitos ecológicos relativos a los recursos - calidad de la biomasa	x	x

Cuadro 2: Clasificación de las fuentes de biocombustibles por sus características

		biomasa leñosa	biomasa herbácea	biomasa de frutas y semillas	varios (incluidas las mezclas)
		DENDRO-COMBUSTIBLES	AGROCOMBUSTIBLES		
Cultivos energéticos		- árboles de bosques energéticos - árboles de plantaciones energéticas	- plantas herbáceas energéticas - cultivos energéticos de cereales enteros	- cereales energéticos	
Sub-productos *	directos	- subproductos del aclareo - subproductos de la extracción	subproductos agrícolas: - paja	- huesos, cáscaras, vainas	- subproductos animales - subproductos hortícolas - subproductos paisajísticos
	indirectos	- subproductos de la industria de la madera - licor negro	- subproductos de la elaboración de fibras	- subproductos de la industria de la alimentación	- biolodos - subproductos de matadero
Materiales derivados de otros usos	de recuperación	- madera usada	- productos de fibra usados	- productos de frutas y semillas usadas	SUBPRODUCTOS DE ORIGEN MUNICIPAL
					- desperdicios de cocina - fangos de aguas residuales

* La palabra "subproductos" engloba los impropriadamente llamados residuos y desechos sólidos, líquidos y gaseosos, derivados de actividades de elaboración de la biomasa.

En el cuadro 2 se ensamblan esos diferentes aspectos y se dan algunos ejemplos. La palabra "subproductos" engloba los impropriadamente llamados residuos y desechos sólidos, líquidos y gaseosos, derivados de actividades de elaboración de materias primas orgánicas. En consonancia con la estructura del cuadro 2, en el cuadro 3 se detallan las diferentes fuentes. En los países en desarrollo, las fuentes principales de *biocombustible* son la *leña*, el *carbón vegetal*, los *subproductos agrícolas* y el *estiércol*.

Las principales definiciones de las fuentes de aprovisionamiento de biocombustibles descritas en la TUB son de tres tipos: los *dendrocombustibles*, los *agrocombustibles* y los *subproductos de origen municipal*.

Las fuentes de biocombustibles se presentan en distintos procesos de preparación de los mismos. Diferentes procesos de elaboración desembocan en tipos distintos de biocombustibles (combustibles sólidos, líquidos y gaseosos), que se transforman tras ello en calor y energía. En el cuadro 5 figura una clasificación de los diferentes tipos de biocombustibles (véase el capítulo 4).

Cuadro 3: Fuentes principales de biocombustible

Clases de materias	Fuentes	Ejemplos		
biomasa leñosa	madera de bosques y plantaciones	árboles de bosques energéticos		
		árboles de plantaciones energéticas		
		árboles de corta rotación		
		subproductos del aclareo		
		subproductos de la extracción		
		árbol completo		
		árbol entero		
		sección de árbol		
		arbustos		
		tocones		
	subproductos de la industria de la madera	corteza		
		costaneros		
		recortes de escuadrado		
		puntas de cortes transversal		
		virutas		
		madera molida		
		aserrín		
		subproductos de tableros de partículas y de fibras		
		subproductos de contrachapado		
		subproductos de corcho		
madera usada	subproductos de viscosa			
	lodos de fibra			
	licor negro			
	madera de demolición			
	madera de construcción recuperada			
	residuos de madera a granel			
	papel usado			
	plantas herbáceas energéticas			
	cultivos energéticos de cereales enteros			
	paja			
biomasa herbácea	cultivos energéticos	bagazo		
	subproductos agrícolas	subproductos de la industria textil		
	subproductos agroindustriales	ropa usada		
	materias de utilización final	materias de aislamiento térmico		
biomasa de frutas y semillas	cultivos energéticos	cereales energéticos		
	subproductos agrícolas	huesos		
		vainas		
		cáscaras		
	subproductos agroindustriales	torta y harina derivadas de la extracción de aceite		
		subproductos de cervecería		
		subproductos de la industria del almidón		
	materias de utilización final	aceite vegetal usado		
		varios/mezclas	subproductos animales	estiércol
				abonos
	desechos avícolas			
	matorrales			
varios/mezclas	subproductos hortícolas	residuos vegetales de mantenimiento de arcones		
	subproductos paisajísticos	subproductos de la gestión de zonas protegidas		
	subproductos agroindustriales	subproductos de matadero		
		biolodos		
	materias de utilización final	desperdicios de cocina		
		lodos residuales		

3.2 Comercio de biocombustibles

Los biocombustibles en general, y los dendrocombustibles en particular, son vectores energéticos muy codiciados en todos los mercados, formales o no formales. Se comercializan sobre todo dos tipos de *biocombustibles*: los primarios (no tratados) y los secundarios (tratados).

- **Primarios** (no tratados). En los *biocombustibles* primarios la materia orgánica se utiliza esencialmente en su forma natural (tal como se ha extraído, como la leña). Estos combustibles suelen quemarse con fines culinarios, para la calefacción del ambiente o para la producción de electricidad. Hay también aplicaciones industriales, en pequeña y gran escala, para la producción de vapor y en otras actividades industriales que requieran una temperatura baja o mediana.
- **Secundarios** (tratados). Los *biocombustibles* secundarios pueden ser sólidos (por ejemplo, el *carbón vegetal*), líquidos (por ejemplo, el alcohol y el aceite vegetal), o gaseosos (por ejemplo, el biogás como mezcla de metano y de dióxido de carbono) y pueden utilizarse en una gama mayor de aplicaciones con un mayor rendimiento medio, por ejemplo en el transporte y en operaciones industriales a alta temperatura.

La finalidad de la elaboración de *biocombustibles* es proporcionar unos combustibles de características claramente definidas y que puedan convertirse en energía útil de un modo técnicamente simple y ecológicamente aceptable. Unos *combustibles* semejantes, claramente definidos, podrán emplearse en mejores condiciones para un suministro eficaz y cómodo. Con tal fin, cabe recurrir a las operaciones de conversión que se indican en la figura 3.

- **La conversión termoquímica** es la síntesis de las operaciones de conversión de la biomasa como resultado de un calentamiento bajo ciertas condiciones. De ahí el interés de la gasificación, la pirólisis y la producción de *carbón vegetal*. Hoy en día, la única de esas posibilidades que se aprovecha en forma generalizada es la producción de *carbón vegetal*. La gasificación con fines de producción de electricidad parece ser una opción muy prometedora, que podría existir en el mercado dentro de unos años. La pirólisis que apunta a proporcionar un *combustible* líquido utilizable en las centrales eléctricas es igualmente una opción para el futuro.
- **La conversión fisicoquímica** proporciona un *combustible* líquido como resultado de una serie de operaciones físicas y químicas. Hasta la fecha, las posibilidades más importantes estriban en la producción de aceites vegetales a partir de semillas oleaginosas y en la esterificación de esos aceites en éster metílico de ácido graso (comúnmente denominado biodiesel), para su utilización como sucedáneo del carburante de diesel. Esta tecnología se utiliza ampliamente en Europa.
- **La conversión bioquímica** engloba todos los procedimientos biológicos de conversión. Las posibilidades más interesantes son la producción de alcohol a partir de una *biomasa* que contenga azúcar, almidón y/o celulosa, así como la producción de biogás con desechos orgánicos. La tecnología es ultramoderna y se recurre ampliamente a ella para el suministro de energía.

Los *biocombustibles* resultantes pueden utilizarse en motores del sector transporte, turbinas, hornos o calderas para proporcionar energía térmica y/o mecánica, convertible a su vez en energía eléctrica. Además, unos *combustibles* líquidos y (eventualmente) gaseosos pueden servir directamente, o después de tratarlos, como *carburantes*.

En la actualidad, la producción de calor y la generación de electricidad son las dos modalidades principales de utilización de los combustibles derivados de la biomasa en todo el mundo. Abundan los dispositivos de combustión directa, con una capacidad térmica que va de unos pocos kilovatios (kW) en las cocinas domésticas hasta varias decenas de megavatios (MW) en las instalaciones de calefacción. El rendimiento de la conversión oscila entre un 8 y un 18 por ciento en las cocinas simples de uso corriente en los países en desarrollo, hasta el 90 por ciento o más en los sistemas de calefacción modernos. La producción de electricidad se basa principalmente en el ciclo tradicional del vapor, con un rendimiento aproximado del 30 por ciento y una capacidad arriba de los 300 kilovatios.

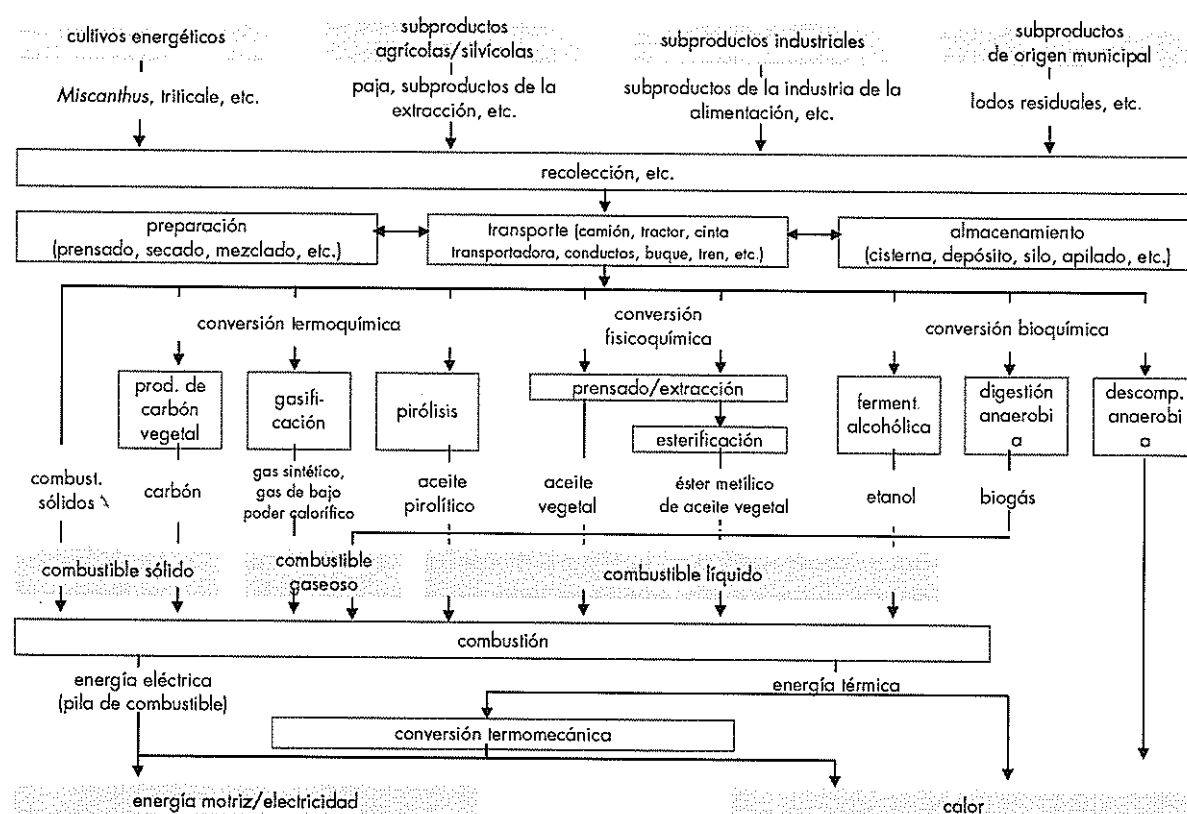


Figura 3: Posibilidades de producir energía térmica, motriz y biocombustibles a partir de diversas fuentes de aprovisionamiento de biomasa

En el cuadro 4 se ponderan la disponibilidad de materias primas para la utilización en diversas soluciones técnicas de generación de energía. Ciertas soluciones tecnológicas sólo son posibles utilizando biomasa cultivada especialmente (por ejemplo los cultivos energéticos). Esto puede constituir un obstáculo en ciertos casos, ya que se requieren grandes esfuerzos para producir la biomasa y se dispone de una superficie limitada de tierra cultivable. En las condiciones actuales, la generación de energía a partir de la combustión de los biocombustibles además de la gasificación y la pirólisis parecen ser las soluciones más prometedoras para el aprovechamiento de las diferentes materias primas existentes.

Las aplicaciones comerciales e industriales más corrientes son, por ejemplo, la combustión directa de diferentes biocombustibles leñosos, así como la de carbón vegetal basado en la madera, la conversión de subproductos de la industria de la alimentación, los subproductos de origen municipal y la transformación de ciertos subproductos agrícolas en biogás mediante la digestión anaerobia en instalaciones mixtas de producción de calor y de energía eléctrica.

En el cuadro 4 se observa que hay posibilidades muy prometedoras para algunas tecnologías como soluciones sistémicas sobre todo en el caso de la producción de *carbón vegetal* o de aceite vegetal y la esterificación (biodiesel), así como, con ciertas restricciones, para la producción de alcohol (bioetanol). En algunos países en desarrollo, la cadena del carbón vegetal está bien desarrollada, al igual que la de biodiesel (esto es, la esterificación del aceite vegetal y la utilización de este *carburante* en el transporte) en ciertos países industrializados (Austria, Alemania, Francia y Estados Unidos).

La expresión soluciones sistémicas se refiere a las posibilidades de incorporación de cierta combinación de tecnologías de conversión en energía y/o procesamiento de biocombustibles dentro de un sistema energético con beneficios reales o supuestos para el medio ambiente, los costos actuales y potenciales reducciones de costos. En el cuadro puede verse que, en algunos casos, los costos son muy grandes, pero que también lo es el potencial de reducción de los mismos. De los datos se desprende que la mayoría de opciones pueden ser *prometedoras* o *muy prometedoras* para el medio ambiente. Por consiguiente, la *biomasa* podría aportar una gran contribución a la satisfacción de la demanda de energía de un modo ambiental saludable, en particular en lo tocante al suministro de energía con tecnologías de conversión modernas. Por otra parte, la mayoría de las opciones basadas en la biomasa podrían ensamblarse fácilmente en el sistema energético existente, con lo cual se facilitaría el paso del actual sistema energético, basado principalmente en energía de combustibles fósiles, en un sistema energético más duradero, con una mayor contribución bioenergética.

Cuadro 4: Comparación de las vías de conversión de la biomasa en energía

	Producción de carbón vegetal y utilización para producir calor	Producción de gas sintético y de electricidad	Producción de aceite de pirólisis y utilización en los motores	Producción de aceite vegetal y utilización en el transporte	Esterificación de aceite vegetal y utilización en el transporte	Producción de alcohol y utilización en el transporte	Producción de biogás y generación de electricidad
Materias primas							
Subproductos	++	+++	+++				++
Cultivos energéticos	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Técnica de conversión							
Tecnología	+++	++	+	+++	+++	+++	++
Solución sistémica	+++	+	+	+++	++	++	++
Aspectos sistémicos							
Integración sistémica	+	+++	+++	+	+++	+++	++
Beneficios ambientales	++	+++	+++	+++	+++	+++	++
Costos	++	+	+	+	+	+	+
Potencial de reducción de los costos	+	+++	+++	+	+	+	++

Evaluación: + menos prometedora; ++ prometedora; +++ muy prometedora

Fuente: Smith, K. R.; Kaltschmitt; M.; Thrän, D. (2001) [19]

Los *biocombustibles* se utilizan de muy diferentes maneras en el mundo hoy en día. Los *subproductos* concentrados en las instalaciones industriales (como la *corteza* y el *serrín* en los aserraderos) son la fuente de *biomasa* más utilizada comercialmente en la actualidad. Por ejemplo, el bagazo, la fibra que queda después de la extracción del jugo en la elaboración de la caña de azúcar, proporciona concretamente una energía para dicha extracción y para su conversión en azúcar pura de caña o alcohol en el ingenio de azúcar y, además, se utiliza el bagazo sobrante para suministrar electricidad a la red local.

En los países en desarrollo, la *biomasa* (en particular, la *leña* y el *carbón vegetal*) se emplea sobre todo en aparatos de combustión abierta para cocinar y, en menor medida, para calentar el ambiente.