

# Biocompuestos en Colombia. Aportes de Diseño en la aplicación de Biocompuestos en el contexto productivo colombiano

Por: *Carlos Daniel Ramos Riascos*,\* *Juan Carlos Caro Vives* \*

## Resumen

Un bio-compuesto es un material polimérico fabricado a partir de materias primas naturales que son procesadas por organismos vivos (hongos, bacterias o algas), ofreciendo ventajas para el medio ambiente dado que es biodegradable, y por lo que supone, es menor grado de contaminación en su proceso de producción. La demanda de los biomateriales en la industria ha aumentado de forma continua, ofreciendo diversas aplicaciones para la gran variedad entre los sectores industriales, agroindustriales, y en los cuales genera una conciencia sobre al medio ambiente y una presión del mercado por el uso de tecnologías más amigables con el medio ambiente se hace cada vez más presente. Es así, como el proyecto Biocomposites, un proyecto conjunto entre la Universidad el Bosque, La Universidad del País Vasco y la Universidad de Pamplona, surge del interés que se viene generando por la creación de alternativas de materiales que impacten de manera positiva el sector productivo colombiano, de manera que sirvan como medio para la generación de

sistemas productivos sostenibles en el tiempo. En primera instancia, el documento explora el contexto de aplicación de los biocompuestos en el desarrollo de productos industriales, definiciones relacionadas con su constitución y algunas iniciativas sobre sus aplicaciones, para luego adentrarse en los conceptos correspondientes al diseño para la sostenibilidad. Por último se hace una breve presentación del proyecto composites en el desarrollo, uso y perspectivas de aplicación de un material biocompuesto basado en una fibra natural de fique dentro de una matriz polimérica, como alternativa para remplazar la fibra de vidrio dentro del contexto productivo en Colombia.

Palabras Clave: Diseño Sostenible, Composites, Aplicaciones Industriales, Biocompuestos, Diseño de producto, Innovación, fibras naturales, eco-diseño, ingeniería de producto.

\* Carlos Daniel Ramos Riascos  
Estudiante del Programa de Diseño Industrial

\* Juan Carlos Caro Vives, carojuan@unbosque.edu.co  
Diseñador Industrial, Docente del Programa de Diseño Industrial. Facultad de Diseño, Imagen y Comunicación, Universidad El Bosque.

## Introducción

El panorama actual en el que se encuentra el medio ambiente ha generado alarmas sobre una visión de futuro que es muy poco alentadora. Esta visión ha llevado a la sociedad en general a cuestionarse sobre la manera en la cual se está haciendo uso de los recursos de los que se disponen y las cadenas productivas de las que se sustentan. En el contexto de los países en vías de desarrollo, cada vez es mayor la necesidad de disminuir el consumo de productos desarrollados con polímeros y productos derivados de la industria petroquímica, que desde sus inicios de manera innegable han mejorado las condiciones de vida del ser humano, pero que a su vez han traído consigo un desgaste ecológico generado de tiempo atrás.

Gran variedad de alternativas se han propuesto con el fin de disminuir el impacto derivado del uso de los polímeros en la industria, en particular en lo que respecta a su proceso de producción en todas las áreas del ciclo de vida (obtención, procesamiento, uso, desuso y disposición final). Una de ellas corresponde al uso de Biocompuestos como material alternativo en el desarrollo de producto.

## Los Biocompuestos como alternativa ecológica

La demanda de Biocompuestos como materiales alternativos en la industria ha aumentado de forma continua, ofreciendo diversas aplicaciones para gran variedad de los sectores industriales tales como la construcción, la agroindustria, la biomedicina, la conservación de alimentos, los productos de consumo, entre otros. Las empresas cada vez ven con mejores ojos asociar sus marcas con iniciativas ambientalmente amigables, y a su vez permitan disminuir sus costos de producción y cumplir con las normativas que al pasar el tiempo son más exigentes.



Figura 1: aplicación en la industria de muebles.  
Fuente: Elise, 2010.

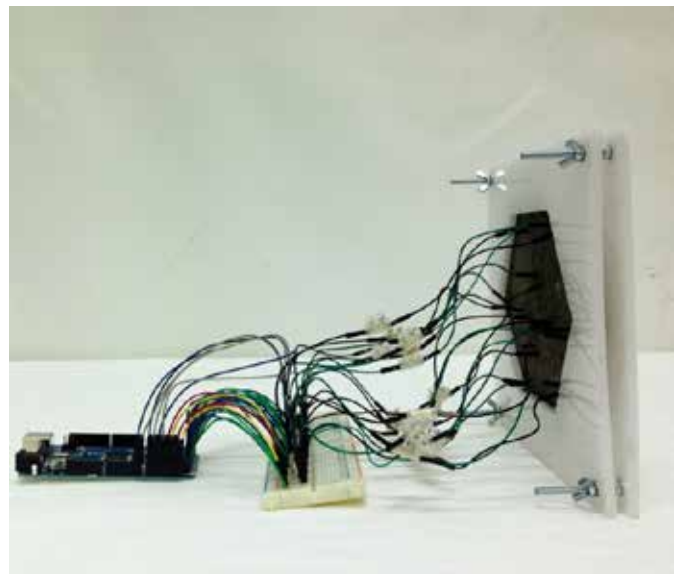


Figura 2: aplicación de cerámica.  
Fuente: Luna, 2014.



Figura 3: aplicación en arquitectura.  
Fuente: Apostolos, 2014.

Desde hace 5 años, los estudios técnicos sobre el tema demuestran que se ha venido modificando el preconcepto de los biocompuestos resultan ser más costosos que los compuestos derivados del petróleo, consolidándose como una alternativa económica y natural (López, 2011), aún así siguen siendo insuficientes los estudios sobre nuevos desarrollos de biocompuestos y sobre todo en la aplicación de estos en el desarrollo de productos industriales. En general las fibras naturales no han alcanzado el nivel de rendimiento mecánico con el que cuentan las fibras sintéticas, sin embargo, el hecho de que sea un material sostenible desde el punto de vista ambiental a un bajo costo, lo hace atractivo para el contexto de producción.

### ¿Cómo se constituyen los Bio-compuestos?

Un bio-compuesto es un material polimérico fabricado a partir de materias primas naturales que son procesadas por organismos vivos (hongos, bacterias o algas), ofreciendo ventajas dado que es biodegradable, y por lo que supone, es menor su grado de contaminación en su proceso de producción. Pueden ser materiales fabricados a partir de recursos renovables como almidón o celulosa, tales como el ácido poliláctico (PLA) y polihidroxialcanoatos (PHAs). Algunos también son materiales sintéticos fabricados a partir de petróleo que son biodegradables como la policaprolactona o materiales formados por la mezcla de los dos anteriores.

Los biocompuestos fundamentalmente se conforman en gran parte por moléculas de carbono que forman parte

esencial de los seres vivos, entre su clasificación se encuentran los compuestos inorgánicos y orgánicos:

Por una parte, los compuestos inorgánicos son moléculas que poseen tanto los seres vivos como los seres inertes. Entre ellas podemos encontrar moléculas imprescindibles para la vida como el agua, las biomoléculas más abundantes como los gases (oxígeno, etc) y las sales minerales clasificadas en aniones como fosfato ( $\text{HPO}_4^-$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y cationes como el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

Por otra parte, los compuestos orgánicos o principios inmediatos, son sintetizados solamente por los seres vivos y tienen una estructura con base en carbono y están constituidas, principalmente, por los elementos químicos como el carbono, hidrógeno y oxígeno. Con frecuencia también están presentes el nitrógeno, fósforo y azufre; a veces se incorporan otros elementos pero en mucha menor proporción.

En cuanto a su composición, un material compuesto se compone de dos o más materiales que se estructuran en dos fases importantes, la matriz y el refuerzo. En términos generales está constituido por una base de fibra natural, reforzada con una matriz polimérica no biodegradable como lo puede ser el Polipropileno (PP) o el Polietileno (PE) o una matriz biopolimérica como el poliláctico y el polihidroxialcanoatos.

Los materiales que son reforzados con fibras largas suelen tener las mejores propiedades mecánicas, a la vez que presentan un comportamiento fuertemente anisotrópico con buenas propiedades de elasticidad, temperatura y conductividad, pero estos requieren de tecnologías complejas para producirse. Por el contrario, los materiales reforzados con partículas y fibras cortas suelen acercarse a un material isotrópico con sus propiedades idénticas sin importar la dirección, proporcionan un aumento de las propiedades más moderado y se fabrican con tecnologías menos complejas (Peters, 2012).

Estos compuestos combinan propiedades de varios materiales a fin de lograr nuevos materiales con propiedades mejoradas, que son de gran atractivo por ser provenientes de fuentes naturales. Entre las principales propiedades se encuentra su baja densidad y las altas aplicaciones específicas. En la actualidad la industria de los compuestos se enfoca en

el desarrollo de materiales compuestos verdes y nanocompuestos con el fin de lograr mejores propiedades mecánicas, físicas y ambientales.

A su vez ofrecen características interesantes como:

- Reducción de peso (densidad).
- Mayor durabilidad.
- Mejor resistencia.
- Menor impacto ambiental para un mundo más sostenible.

Es importante determinar qué ventajas se pueden encontrar de ello, pero en resumen y concretamente permite suponer que es posible lograr la misma o mejor resistencia y rigidez del plástico normal o de la fibra de vidrio, con la gran ventaja de que se puede eliminar en menor tiempo y no se acumula en el medio ambiente.

### Algunas iniciativas en el uso de los biocompuestos

Con el fin de entender la importancia de los biocompuestos en el desarrollo de la vida del ser humano, es importante identificar algunas iniciativas en las cuales se ha empleado este tipo de materiales y de las cuales han surgido diferentes aplicaciones que han dado soluciones innovadoras a diferentes tipos de productos. El campo de aplicación de estos materiales es bastante amplio, desde productos para el sector de la construcción, el desarrollo de prótesis y otros productos para el sector de la salud, La industria naval y automotriz, como en el desarrollo de productos de consumo, por ejemplo, el uso de las fibras de las palomitas de maíz como materia prima para el desarrollo de muebles, el uso del café molido para el diseño de accesorios para el hogar o el aprovechamiento de las hojas de palma para el desarrollo de sandalias desechables.

La utilización y aprovechamiento de los residuos orgánicos como materia prima para la producción ha permitido reflexionar sobre la responsabilidad del diseño en la optimización de los procesos de obtención, el aprovechamiento de los recursos y la generación de conceptos como el de “basura cero” (ADS, 2013).

Podemos apoyarnos fácilmente en proyectos exitosos como los de del diseñador de Berlín, Julián Lechner, quien, en su proyecto “Ex-presso” (2010), utiliza el café molido de

una máquina de café como el material básico para la producción de vasos, proceso en el que une las partículas del café con aglutinantes naturales como la caseína o bioresinas (Karana et al., 2013). Al usar el azúcar caramelizado como aglutinante, descubrió que existía una disolución lenta de la superficie durante el uso de los vasos, liberando lentamente los aromas del café y dando como resultado un efecto agradable a la bebida caliente.

Otro ejemplo el del diseñador italiano Raúl Lauri, fue incluso un paso más allá mediante la exhibición en la Feria del Mueble de Milán, la colección de lámparas “Decafe Lámparas”, que se hicieron a partir de café molido.



Figura 4. DECAFE, Lámparas de café molido, Raúl Lauri, 2012.  
Fuente: Core77.com



Cada vez son más los descubrimientos en aplicaciones tales como la de la diseñadora holandesa Mandy den Elzen que ha atraído la atención mediante el uso de materiales de desechos orgánicos inusuales. Este es el caso del proyecto “florero Algas” (2009), en el que se hace uso de fibras de algas para ser transformadas en contenedores y floreros, como también del uso de material de desecho de vacas (ej: estómago), con el fin de crear un tipo de material de cuero con un aspecto interesante basado en una estructura de panal hexagonal (Kuciel et al., 2010).

A una escala industrial, encontramos iniciativas como la propuesta en Alemania con el “Diseño de material ligero” publicada en el artículo “Spinnenrad mit Hüftschwung” (rueda de araña con Hip Swing) en la revista Der Spiegel. Se invitó a competir a Alemania y Suiza en un evento de construcción de vehículos cuya única fuente de poder fuera un motor de batería estándar. Lo que a primera vista puede haber parecido una actividad de recreo, se convirtió en un proyecto científico en el cual se requería dar una solución inusual para la reducción de peso en los elementos de construcción y producción de estructuras ligeras de alta resistencia. Como resultado, se emplearon polímeros ligeros, materiales de fibra de carbono, estructuras basadas en la biónica y uso de tecnología generativa (impresión 3d, sinterización laser, etc), con el fin de reducir cada gramo y disminuir las dimensiones del “package” del vehículo aumentando su rendimiento. Si bien es cierto que no es evidente la participación de un compuesto natural, es importante entender la gran oportunidad que se genera para la industria automotriz, basada en el bajo peso (densidad) que los biocompuestos ofrecen y que pueden adaptarse fácilmente a esta industria. Estos factores son entonces los que tendrán influencias decisivas en la aceptación del mercado de la movilidad futura (Kuciel et al., 2010).

## Sostenibilidad y diseño sostenible

El mundo se encuentra volcado hacia la sostenibilidad, consecuencia de la disminución sustancial de los recursos, los desafíos frente a la energía y restricciones ambientales más estrictas. Esto ha hecho que los materiales sintéticos estén empezando a ser reconsiderados por parte de fabricantes y desarrolladores.

Por otra parte, los problemas sociales relacionados con la pobreza, salud, circunstancias laborales, seguridad y des-

igualdad, en los contextos sociales, ha fomentado en las industrias enfoques de sostenibilidad como factores estratégicos dentro de su panorama de innovación para el desarrollo de productos mejorados que cuenten con criterios amigables con el medio ambiente.

En este sentido el diseño para la sostenibilidad (D4S), es una herramienta muy útil para dar solución a estas cuestiones, lo que implica un esfuerzo por parte de las compañías por incorporar factores ambientales y sociales en el desarrollo de productos durante el ciclo de vida del producto, durante la cadena de suministro, y sus entornos socio-económicos.

El diseño de productos sostenibles es un compromiso constante del profesional del Diseño Industrial en la actualidad. Mejorar la eficiencia, la calidad del producto y las oportunidades del mercado (local como de exportación), junto con el compromiso con el medio ambiente, son componentes estratégicos que permiten diseñar y desarrollar productos que mejoren las ganancias y la competitividad de las empresas, mientras reducen el impacto ambiental al mismo tiempo (UNEP, 2007).

El factor diferencial del diseñador en el futuro próximo estará enfocado, en el marco del diseño sostenible, a abordar el concepto de satisfacción de las necesidades del consumidor de la mejor manera (social, económica y ambientalmente), de forma sistemática, dando respuesta a una sociedad que cada vez más tiene una conciencia de consumo responsable y exige de las empresas un mayor compromiso frente a su contribución activa en el mejoramiento de las condiciones de calidad de vida del contexto en el cual realizan sus actividades.

En este orden, las áreas de intervención desde el diseño bajo el concepto sustentable, incluyen tanto los factores referentes a la configuración formal del producto y la función que este cumple, como aquellos factores referentes a su ciclo de vida. Con respecto a este punto, la propuesta proyectual debe responder a temas como: a) extracción, procesamiento y suministro de materias primas y energía requerida para el producto. b) Procesos de producción, distribución, uso (y posiblemente reutilización y reciclaje). c) eliminación final. Dentro de cada una de estas etapas se generan impactos ambientales, los cuales el diseñador busca mitigar de una manera integrada.

Los diseñadores utilizan los avances científicos para satisfacer la creciente necesidad de una cultura de producto que premia la sostenibilidad. No es de extrañar, entonces, que la mayoría de los avances se han producido en los campos de los materiales de base biológica, soluciones innovadoras y materiales inteligentes (Peters, 2012).

En este sentido, el consumo de materiales de entrada amigables con el medio ambiente; la definición de procesos de producción optimizados, manteniendo la seguridad y salud de los operarios, promoviendo el desarrollo económico de las comunidades; vida útil acorde a las expectativas del consumidor; y procesos de reciclaje y eliminación de residuos planificados, son prácticas que deben ser considerados de manera integral en el proceso de diseño.

Los plásticos sintéticos fueron la revolución hace algunos años, tanto en la manera de concebirlos como en la forma de su uso, nos permitió evolucionar en la manera de solucionar necesidades y crear nuevos modelos de producción, pero estos derivados del petróleo que tardan entre 200 y 400 años en degradarse. Esto implica problemas de contaminación y costos de logística para la recuperación, transporte y manipulación de estos materiales.

Si la sostenibilidad tiene que atender a las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social. La concepción original de un objeto u obra destinados a la producción en serie debe estar en consideración de los impactos ambientales que se pueden producir en cada una de las fases de su ciclo de vida, con el fin de intentar reducirlos al mínimo, sin menoscabo de su calidad y aplicaciones. Una de las oportunidades más cercanas podría ser la creación de compuestos naturales.

### **Proyecto Biocomposites: “usos y aplicaciones de los biocomposites en el contexto productivo colombiano”**

El proyecto Biocomposites, surge del interés que se viene generando por la creación de nuevas alternativas de materiales que impacten de manera positiva el sector productivo colombiano, de manera que sirvan como medio para la generación de sistemas productivos sostenibles en el tiempo.

El estudio de las propiedades mecánicas, el comportamiento del material y la búsqueda constante de aplicaciones, es una motivación para formar una red entre grupos de investigación a nivel de universidades, por lo cual, este proyecto busca crear relaciones interinstitucionales con diferentes grupos de investigación, que permitan aportar al desarrollo social colombiano.

Desde hace unos años, la Universidad Pública del País Vasco a través de su línea de investigación en tecnología de materiales, ha venido trabajando en el desarrollo de un material biocompuesto que permita reemplazar materiales contaminantes, en particular la fibra de vidrio. El trabajo ha permitido experimentar con fibras naturales en la conformación de mezclas que asemejen las propiedades que ofrece la fibra de vidrio, teniendo un particular interés por la fibra del fique.

Colombia por sus características socioeconómicas y productivas, tienen un gran potencial de implementación de este tipo de tecnologías como motor de impulso productivo, económico y social. El fique es una fibra natural que abunda en el territorio nacional, la cual aún no se le ha identificado el real potencial que puede ofrecer en el desarrollo del sector productivo del país. Desde este punto de vista, la Universidad de Pamplona ha venido estudiando las propiedades mecánicas y físicas del material biocompuesto en desarrollo, con el fin de determinar las características que esta fibra ofrece en sus diferentes configuraciones de conformación al unirse con una matriz polimérica.

La Universidad El Bosque a través de los grupos de investigación BOAXIS y Diseño, Imagen y Comunicación serán los encargados de la identificación de los campos de aplicación a nivel de diseño y producción del biocompuesto para el contexto colombiano, acorde a las condiciones sociales, económicas y de infraestructura con las que cuenta el país, a través del análisis de los diferentes eslabones que componen el ciclo de vida de producto, bajo las bases del diseño para la sostenibilidad.

El equipo de trabajo está conformado por: 1) Grupo de investigación KAINAVAL, Línea “Tecnologías de Materiales”, Liderado por el Phd. Alberto López-Arraiza y el Doctorando Fabuer Ramón Valencia, de la Escuela Técnica Superior de Náutica y Máquinas Navales, Universidad del País Vasco,

Bilbao, Bizkaia, España. 2) Grupo de Investigación en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Pamplona, líneas “Caracterización de compuestos de base polimérica” “Nuevos materiales a partir de residuos orgánicos”, Liderado por el PhD. Bladimir Azdrubal Ramón Valencia. a través de su laboratorio de pruebas. 3) El grupo de investigación BIOAXIS, línea Bioinstrumentación, del programa de Bioingeniería de la Universidad El Bosque, Liderada por el PhD. Jairo Lenin Ramón V. 4) La línea de Trabajo en “Diseño e Ingeniería de Producto para el área de la salud, dirigido por el D.I/Msc Juan Carlos Caro V, y que pertenece al grupo de investigación en diseño, imagen y comunicación de la Universidad el Bosque. Adicionalmente se cuenta con la colaboración del estudiante Carlos Daniel Ramos, quien apoyará el proceso de desarrollo de la primera fase del proyecto desde la materia proyecto de grado.

Como alcance se pretende ofrecer al mercado colombiano la oportunidad de desarrollar unidades de producción de este biocompuesto que replacen o compitan al mismo nivel con el mercado de fibra de vidrio, reduciendo su impacto ambiental, su costo de producción y los riesgos relacionados en la salud de los operarios que se encuentran inmersos en la cadena de producción contribuyendo al desarrollo económico y contexto social del país.

Para tener una idea del impacto que podría alcanzar esta investigación es importante conocer que incidencia tiene la utilización de la fibra de vidrio en nuestro país. La importancia de la industria del vidrio en Colombia radica en la amplia gama de usos que éste tiene, así como en sus encadenamientos con otras actividades, La industria de vidrio en Colombia está altamente concentrada, en particular en la producción de envases y de vidrio plano.

La cadena de obtención de la fibra de vidrio está altamente integrada por componentes nacionales, desde las materias primas básicas hasta el producto final. Las lanas y fibras de vidrio presentaron en los años 2001 - 2003 una participación significativa dentro del total importado (16,88% y 16,08% en promedio por año) solo en la industria del vidrio, y así mismo alcanzo unas exportaciones 5.988.155 millones de dólares, eso representa el 7.32 % de lo que se exporta. Mientras que las importaciones casi alcanzan el doble de lo que se exporta con una cifra de 10.737.906 millones de dólares (DANE, 2003). Esto puede dar a entender que

existe un impacto de gran escala si se trata de remplazar la fibra de vidrio por una fibra natural como el fique. En el mundo la producción de fibra de vidrio 1,95 millones de toneladas. Más de la mitad de la producción global de la fibra se ha mudado a la región de Asia, siendo más evidente en los últimos 5 años. En Asia, la mayor parte de la capacidad se concentra en China con 33 % de la producción mundial esto es: 650.000 tons. El resto de los países asiáticos producen: 350.000 tons. Lo que en conjunto la región se lleva más del 50% de la producción mundial, y continua en aumento (Archives of Foundry Engineering, 2010).

La metodología de investigación será basada en seis aspectos a tener en cuenta: conocimiento del estado actual de las unidades de producción de fique en el país, conocimiento del sector productivo de la fibra de vidrio, Identificación de contextos y oportunidades de desarrollo para el diseño de productos, estudio del mercado, identificación de los procesos productivos requeridos para el tipo de material propuesto, y por ultimo experimentación sobre propuestas de producto concretas que evidencien las posibilidades de uso del biocompuesto.

Finalmente, podemos encontrar estudios realizados por diferentes universidades donde han llegado a generar conocimiento acerca del comportamiento de la fibra de fique. Un estudio realizado en la universidad de los Andes encontró que el compuesto con matriz de polipropileno de alta densidad y la fibra natural del fique, mejora las propiedades mecánicas como la elasticidad, que se incrementó hasta 11.9 GPa. Ciertamente el comportamiento del compuesto a la hora de hacer las comparaciones con la fibra de vidrio, no se acerca a las propiedades presentes en la fibra de vidrio en cuanto a su propiedad de elasticidad que supera hasta los 72.9 Gpa. Cabe anotar que dentro de la matriz de los compuestos de la fibra de fique con el polipropileno de alta densidad, el refuerzo aumenta su módulo de elasticidad de manera constante (Jaramillo, 2013).

Como ya lo mencionamos anteriormente las bondades de este biocompuesto como es el bajo peso, bajo costo y que es amigable con el medio ambiente puede ser de gran utilidad en nuestro contexto, sobre todo por el interés actual de la sociedad en general de aumentar el nivel de innovación, factor fundamental para el desarrollo competitivo del país.

## Referencias

ADS (2013): Basura Cero. Autoridad de Desperdicios Sólidos. Estado libre asociado de Puerto Rico. [En línea] 2013. [Citado el: 05 de 03 de 2014.] <http://www.ads.pr.gov/programas/basura-cero/>.

Apostolos (2014): "Bio photovoltaic panel produces energy from bacteria in soil". Designboom. [En línea] 14 de 02 de 2014. [Citado el: 03 de 03 de 2014.] <http://www.designboom.com/technology/bio-photovoltaic-panel/>.

DANE (2003): Base de Datos. Documentos. [En línea] 2003. [Citado el: 05 de 02 de 2014.] <https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DDE/Vidrio.pdf>.

Elise, Gabriel (2010): "L'étreinte" by Elise Gabriel at Galerie Gosserez. Detnk. [En línea] 01 de 2010. [Citado el: 03 de 03 de 2014.] <http://www.detnk.com/node/9283>.

Jaramillo, Luis Valerezco (2013): Obtencion de un material biocompuesto a base de una matriz polimerica y reforzada con fibras naturales de guadua. [En línea] 18 de junio de 2013. [Citado el: 09 de 02 de 2014.] <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5114/1/UPS-CT002701.pdf>.

Kuciel, S.; Kuźniar, P.; Liber-Kneć, A. (2010): "Polymer biocomposites with renewable sources". Archives of Foundry Engineering 10 (3): 53-56.

Karana, E, Pedgley, Owain y Rognoli, Valentina (2013): Materials Experience: fundamentals of materials and design. Butterworth-Heinemann.

Lauri, Raúl (2012): "Salone Milan 2012: DECAFE". Core77. [En línea] 2012. [Citado el: 05 de 03 de 2014.] .

López, C. (2011): "Xantanos Biopoliméricos: propiedades reológicas y aplicaciones". CienciaCierta Vol. 7.

Luna, Iker (2014): "Iker Luna experiments with moss in bio ceramic system". Designboom. [En línea] 18 de 02 de 2014. [Citado el: 03 de 03 de 2014.] <http://www.designboom.com/technology/iker-luna-experiments-with-moss-in-....>

Peters, Sascha (2012): Sustainable Multipurpose Materials. Berlin: Urban Scale, 2012.

UNEP (2007): Diseño para la sostenibilidad: Un enfoque practico para economias en desarrollo. unep.fr. [En línea] 2007. [Citado el: 02 de 03 de 2014.] <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1044xPA-D4SSPA.pdf>

Salinas, O. (1992). Historia del diseño industrial. México: Ed. Trillas.

Vianna e Silva, M., Vianna e Silva, Y., Krumholz, A., de Figueredo, B. & Russo, B. (2011). Design thinking: business innovation [en línea]. Disponible en Web: [designthinking-book.co.uk/](http://designthinking-book.co.uk/) [Traducción: Bruno Murtinho]. Rio de Janeiro: MJV Press