

El avance de la impresión 3D. *Nuevos caminos en la industria textil*

Mercurio De Leo ⁽¹⁾

Resumen: Actualmente, el cuerpo se ha convertido en blanco de múltiples atenciones y es, al mismo tiempo, objetivo de grandes inversiones (Barreiro, 2004). La demanda de nuevas prendas y las expresiones de diseñadores impulsan la búsqueda de nuevas materialidades e identidades a comunicar. Como parte de estas exploraciones, desde 2014 pueden identificarse diseñadores e investigadores trabajando en el desarrollo, perfeccionamiento y confección de telas y prendas impresas en 3D. El reciente surgimiento tanto de telas como de prendas textiles fabricadas a partir de la impresión 3D es muestra de las posibilidades que ofrece la Industria 4.0. Si bien los aspectos sostenibles de esta tecnología hacen parecer vasto el horizonte al que puede conducir (por las posibilidades que ofrece), también contiene aspectos insostenibles que merecen ser analizados para reorientar los mejores caminos a tomar en búsqueda de la sostenibilidad. La técnica de impresión por deposición de materiales está creciendo fuertemente en todo el mundo, sin embargo las materias primas que utiliza en la actualidad presentan varios aspectos insostenibles similares al de otras industrias que utilizan termoplásticos. Es por esto que se requerirá la activa participación de actores sociales como diseñadores, investigadores, empresas, estados para lograr los cambios de hábitos de consumo y la conciencia necesaria para posibilitar el cierre del ciclo de vida de los productos y prendas realizados con impresión 3D.

Palabras clave: Textiles - Revolución 4.0 - Producción - Industria - Materiales - Innovación - Tecnología - Hábitos de vida - Reutilizable - Sostenibilidad.

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 230-231]

⁽¹⁾ **Mercurio De Leo** es Técnico Superior en Diseño de Productos con orientación en Diseño Industrial del Instituto de Tecnología ORT Argentina (2019), Licenciado en Diseño de la Universidad de Palermo (2020), y Técnico Eléctrico (ENET N°17). Desde hace más de 10 años se desempeña en el área de proyectos de Ingeniería Eléctrica en distintas oficinas técnicas y empresas constructoras. Como Diseñador independiente realiza consultorías en Desarrollo de Productos y Procesos. Desde 2013 es parte de los Equipos de Organización de distintos eventos TEDx. Desde 2015 es Socio Fundador y Tesorero de la Fundación Wowlat de Iniciativas Tecnológicas y Educativas.

Introducción

Los objetos por los cuales nos vemos rodeados están insertos dentro de un marco histórico, social, cultural y económico. Todos estos factores se vieron afectados fuertemente por los vertiginosos cambios que la modernidad líquida (Bauman, 2000) trajo consigo y se ven reflejados en productos industriales que acompañan y moldean el recorrido de las sociedades. La transición a la modernidad líquida trajo aparejados nuevos desafíos éticos, grandes desarrollos tecnológicos y crisis de materialidades al diseño. El diseño en general y el diseño industrial en particular, han tenido que adaptarse a las coyunturas económicas, ecológicas e industriales para desarrollar innovativas propuestas que satisfagan las necesidades tanto de las sociedades de consumo como las del modelo de economía capitalista impuesto en occidente. En búsqueda de nuevas expresiones, nuevos signos y representaciones digitales, han surgido movimientos artísticos, arquitectónicos y de diseño que plasmaron improntas en sus épocas y marcaron los caminos de los posteriores. Como parte de estas búsquedas, recientemente surgen tanto las telas como las prendas textiles fabricadas a partir de la tecnología que ofrece la Industria 4.0: la impresión 3D.

Actualmente, el cuerpo se ha convertido en blanco de múltiples atenciones y es, al mismo tiempo, objetivo de grandes inversiones (Barreiro, 2004). La demanda de nuevas prendas y las expresiones de diseñadores impulsan la búsqueda de nuevas materialidades e identidades a comunicar. En ese sentido, desde 2014 se encuentran diseñadores e investigadores trabajando en el desarrollo, perfeccionamiento y confección de telas y prendas impresas en 3D (Peleg, 2015; Forman, 2020). Más recientemente, empresas especializadas en desarrollo y producción de materiales y en la fabricación de productos químicos lanzaron una patente para su tela impresa en 3D. En conjunto, desarrollaron una tecnología de procesamiento haciendo uso de impresoras 3D de avanzada dentro de la industria para mejorar la producción en masa y la eficiencia de telas impresas (Hay, 2019).

Ya que la tecnología de impresión 3D ha sido ampliamente integrada en la manufactura, los deportes, la medicina y otros campos, ahora se exploran nuevas aplicaciones con respecto a la industria textil, a la cual puede ofrecer tanto producción masiva como personalización extrema. De esta forma, pareciera ofrecer una solución alternativa más amigable con el ambiente, además de un nuevo método de fabricación que podría reemplazar parcial o totalmente el proceso de tejido tradicional. La producción por medio de la Industria 4.0 ofrece una nueva aproximación y un nuevo paradigma en cuanto a la manufactura de telas con la utilización de impresoras 3D para crear telas en 2D. Esto tiene un valor más práctico que la reducción de desperdicios, y se pueden crear patrones y estilos con el uso de algoritmos informáticos. Un diseñador tiene la posibilidad de programar las telas 2D según las necesidades de cada caso y luego se integran en el flujo de trabajo existente para crear un objeto 3D personalizado como vestidos, sombreros, zapatos, bolsos y otros accesorios de vestuario.

La fabricación 3D de telas tiene múltiples beneficios aparentes:

- Proceso de fabricación flexible con producción en masa y personalizada
- Texturas, patrones y morfologías únicos
- Diseño digital y producción automatizada

- Propiedades programables
- Diseño y producción integradas para reducir residuos

Vinculación con el Circuito de la producción y el consumo de Richard Johnson

El modelo clásico de análisis representaba a la producción, la distribución y el consumo siguiendo una línea recta. Luego, Johnson da forma a esta línea hasta convertirla en un interminable circuito de cultura (Julier, 2008) que sugiere: por un lado, un enlace entre los dominios del consumo público y privado con las formas productivas, con condicionantes como la publicidad, el marketing, la irrupción de nuevas tecnologías, nuevas posibilidades de fabricación de objetos, productos virtuales, estéticas móviles y modas; y por otra, las condiciones ideológicas y la acción personal con sus propios condicionantes como las redes sociales, medios digitales, innovaciones de impacto público, hechos históricos popularmente conocidos, grandes medios de comunicación, regulaciones impuestas por los Estados y la información pública.

El modelo de Johnson enfatiza la naturaleza interpretativa del consumo, sugiriendo que los objetos producidos se convierten en *textos* que el consumidor *lee* (Julier, 2008). Esta lectura influye en las culturas y conforma la manera en que se articula la vida diaria, que a su vez produce una información sobre la que actúa la producción. Por tanto, cabría apreciar el diseño como un vínculo que articula y representa las relaciones sociales y las acciones humanas. Las lecturas, o interpretaciones de los productos hechas por los consumidores, diseñadores y críticos se verán condicionadas por ciertos factores exteriores al ámbito del diseño y producción en el que nacen, que se dan en la sociedad. Estos pueden ser variados: desde las publicaciones e interacciones en redes sociales, los medio digitales en general y la información pública; la aparición de casos relevantes o detectados como interesantes para el público general; innovaciones que generan impacto en la opinión pública; hechos históricos pasados o presentes (como los surgidos durante el transcurso de la pandemia a lo largo del 2020 y en adelante); hasta incluso las regulaciones que imponen los Estados en las producciones y los productos.

En la manufactura de telas por impresión 3D, está todavía poco explorada la naturaleza de las posibilidades que ofrece esta tecnología en cuanto a su explotación masiva y los usos de los materiales disponibles. Si bien pronto la producción se verá afectada por las condiciones impuestas en las representaciones públicas (publicidad, marketing, tendencias, modas, etc.), también será influenciada por las nuevas formas y hábitos de vida de las sociedades. Las relaciones sociales jugarán un rol clave mediante el intercambio de saberes, información, percepciones y experiencias de uso (WGSN, 2020). (Ver Figura 1)

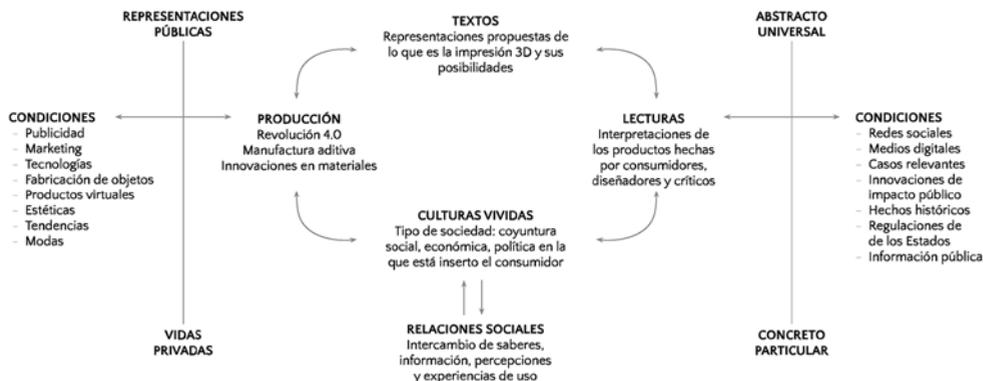


Figura 1. Circuito de la producción y el consumo de productos textiles impresos en 3D. Fuente: elaboración propia (2020).

Vinculación del Circuito de la Cultura de Paul Du Gay

El sociólogo británico Paul Du Gay lleva más allá el modelo del *circuito de la producción y el consumo* al sugerir que todas las etapas del circuito interactúan entre sí. Afirma que tanto la producción como el consumo denotan identidades sociales, así como la forma en que se representan los objetos y sus sistemas de regulación (es decir, el modo en que se establecen unas normas para que los productos se consuman de acuerdo a unos modelos y significados específicos) (Julier, 2008). Dentro del diseño de indumentaria, las regulaciones de producción de telas vienen dadas por las normas jurídicas específicas de la industria; pero en cuanto a este nuevo modelo de fabricación por impresión 3D, se advierte la ausencia de controles de producciones (de cualquier escala) (Cortés, 2019).

En tanto el consumo, la representación y la identidad, vienen ligadas especialmente dentro del circuito de Du Gay para este caso. En principio, la representación simbólica que se hace de la manufactura 3D desafía los límites de complejidad y las posibilidades de obtener novedosas y nunca antes exploradas texturas y entramados. A su vez, esta apertura del horizonte creativo a partir de una poderosa herramienta de manufactura podría ser impuesta dentro del mercado de consumo a partir del valor escultórico propio de una impresión 3D (además de variedad y combinaciones de colores y texturas de materiales). La exploración por parte de diseñadores puede resultar clave para crear nuevas identidades y tendencias en la indumentaria y los modelos de consumo contemporáneos, más ligados a la transformación constante. Por último, la producción se ajusta a la demanda y también a las necesidades específicas, de diseñadores o clientes, junto con la personalización de los diseños, el desarrollo de ediciones limitadas y pequeños lotes de producción.

A lo largo del circuito de la cultura que propone Du Gay, los objetos pueden encontrarse en distintos formatos. La naturaleza de la impresión 3D (de la virtualización, al código y finalmente al modelo físico) permite que los objetos se representen en una multiplicidad de formas: su versión física (tela o prenda), el escaneo 3D de una prenda existente permite volverla una imagen digitalizada, a su vez puede ser una creación original digital (programas CAD), ambas imágenes pueden ser representadas virtualmente y por fotomontaje y finalmente ser producida como copia fiel a la original (herramientas CAM).

Sus significados están sujetos a una constante transformación y revisión, tanto por parte de los agentes productivos (diseñadores, vendedores, distribuidores, etc.) como por los consumidores y sus necesidades específicas. Así, se elastizan las conexiones entre producción y consumo, con eje en la representación o la aceptación que pueda darse en el público al que se apunta en esta industria.

Además, los productos pueden moverse por el circuito siguiendo diferentes patrones y velocidades, dependiendo de las diferentes variables que encuentran durante su recorrido. Aquí, Julier (2008) aclara que el diseño puede actuar como un laxante en este circuito, contribuyendo a que los productos circulen con más rapidez por el sistema. En su crítica, el especialista en diseño social deja ver al diseñador como un importante actor del sistema que promueve un insaciable apetito por la novedad, la variedad o *el próximo producto*. (Ver Figura 2)

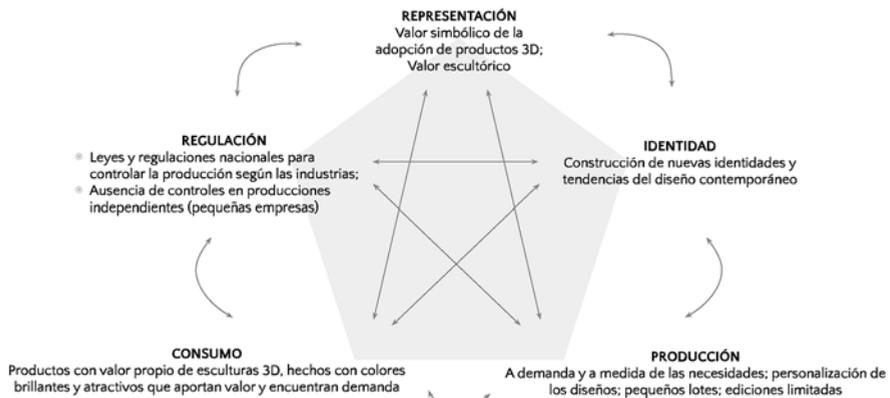


Figura 2. Circuito de la Cultura productos textiles impresos en 3D. Fuente: elaboración propia (2020).

Manifestación del circuito de obsolescencia programada

Dentro del circuito de obsolescencia programada, los productos manufacturados con impresión 3D suelen tener coincidencias con los de fabricación tradicional, con la única salvedad de que este sistema se promociona como autorreparable o autogenerable, ya que se puede volver a conseguir una pieza exactamente a la original. Tanto el uso de las máquinas impresoras como sus producciones se muestran con un uso indeterminado en el tiempo y, a su vez, multiplicable o escalable indefinidamente. En este sentido, se encuentra relación directa con el simulacro de tercer orden al que hace referencia Baudrillard: el sistema, entonces, comienza a girar sobre sí. Lo real no es sólo objeto de representación, ahora es objeto de producción infinita (Oittana, 2013).

La producción de telas impresas en 3D tiene potencialidad para volverse masiva, tanto por parte de *granjas de producción* como de individuos (que deseen imprimir sus propias creaciones o modelos comprados a diseñadores). De esta forma, las nuevas necesidades y deseos del público junto con las nuevas tendencias promovidas por diseñadores y los impulsos publicitarios, guiarán la creación de productos y colecciones acordes. Aquí el diseño puede ser preestablecido, ajustado o personalizado, para luego pasar a la fabricación a demanda. Primero se prototipan para aplicar los últimos ajustes, pruebas y descartes y así llegar al modelo final, que según las tendencias serán en pequeños lotes (Van Wijk y Van Wijk, 2015; Mon, 2016).

Con las innovaciones en nuevos materiales y morfologías posibles de ser impresas, junto con otras mejoras técnicas en maquinaria, podría volver a cerrarse el círculo, impulsando nuevas tendencias y deseos en el público. A su vez, en este último paso y antes de la creación de nuevos productos, lo más probable será que se creen desechos de productos en desuso o con defectos, fallas o roturas al igual que sucede en otras industrias, sin la conciencia necesaria por gran parte de las personas para reutilizar o reciclar los materiales de forma correcta. Especialistas ya advierten que la impresión en 3D bajo demanda y el prototipado rápido pueden conducir potencialmente a un aumento en la cantidad de productos de consumo desechables (Contreras, 2018).

En el caso de textiles 3D, los problemas de cierre de ciclo se dan por dos partes. Por un lado, los productos de vestimenta que se desecharán, al igual que las telas (orgánicas o sintéticas), liberarán plásticos al medio ambiente. Este problema, detectado en 2011 por el ecologista Mark Browne, alertó sobre las microfibras desprendidas especialmente de fibras en general y sintéticas en particular. Esto se debe a que, como producto de la industria petroquímica, la tela sintética es esencialmente plástico, por lo que las microfibras que libera son una forma de contaminación microplástica (Matei, 2020). Por otro lado, los cambios de las tendencias y las nuevas colecciones de diseñadores especializados en esta tecnología, podrán hacer que queden atrás en relevancia tanto prendas de vestir como zapatos y otros accesorios, lo cual impulsará el crecimiento en la cantidad de desechos. (Ver Figura 3)

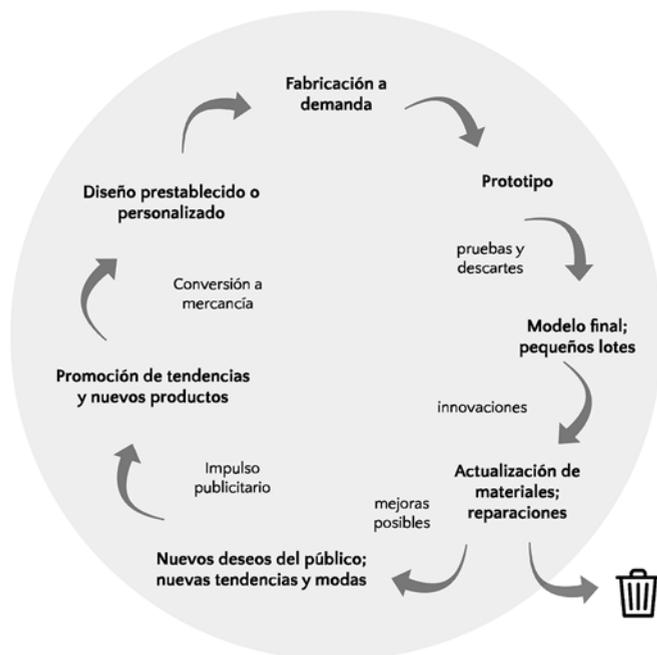


Figura 3. Circuito de obsolescencia programada de productos textiles impresos en 3D. Fuente: elaboración propia (2020).

Análisis de los aspectos insostenibles y sostenibles

Al igual que otras formas de producción masiva, la impresión 3D, aunque aún resulte una técnica constructiva no completamente explorada, posee aspectos insostenibles, y también muchos otros sostenibles y superadores a las tecnologías que se encuentran suplantando hoy en día (o podrán hacerlo en los próximos años). Muchas de sus posibilidades vienen siendo exploradas, mejoradas e incluso impulsan investigaciones por parte de científicos, técnicos y diseñadores. Desde la liberación de su patentamiento se impulsa desde empresas privadas la creación de nuevas técnicas y máquinas impresoras que ofrezcan nuevas soluciones, con características cada vez más sofisticadas (BIBLIOGRAFÍA).

Por su parte, los aspectos sostenibles hacen parecer vasto el horizonte al que puede conducir la impresión 3D por las posibilidades que esta tecnología ofrece. Su futuro es aún tan prometedor que se ha llevado ya a escalas impresionantes como la impresión de concreto para crear edificaciones. (Ver Figura 4)

Aspectos sostenibles	Aspectos insostenibles
Materiales de impresión derivados de recursos naturales no renovables.	Fuentes renovables de obtención de materiales.
Sin desarrollo de regulaciones y controles estatales de producciones pequeñas/medianas.	Independencia y libertad del trabajo del diseñador.
Ausencia de manuales de seguridad e higiene específicos aplicables a maquinaria, producciones y espacios de impresión 3D.	Posibilidad de personalización y ajuste a necesidades del cliente.
Falta de capacitación en responsabilidad ecológica del diseño (técnicos, tecnólogos, diseñadores, ingenieros, etc).	Relación directa diseñador-cliente, sin intermediarios.
Ciclo de vida de productos impresos todavía abierto, sin destino de reciclaje adecuado.	Tecnología económica y de pocos insumos; producción local.
Bajo o nulo acceso a plantas de degradación de materiales (más utilizados: PLA, ABS, etc).	Amplio desarrollo de materiales para condiciones técnicas de mayores exigencias (física, química, temperaturas, torque, tracción, etc).
Aporte al problema de la basura electrónica (placas, lcd, etc) y otros repuestos mecánicos sin destino de reciclado apropiado.	Valor escultórico, amplias posibilidades morfológicas; gran interés ante la novedad para el público amplio.

Figura 4. Aspectos insostenibles y sostenibles de la impresión 3D de textiles. Fuente: elaboración propia (2020).

Tratamiento del aspecto insostenible seleccionado

Se trabajó en especial en la ausencia del cierre de ciclo de vida de productos, en oposición directa al doceavo punto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2015): en este caso de estudio, no se está logrando la gestión sostenible de los recursos, ya que se hace uso casi exclusivamente de materias primas termoplásticas.

Los materiales más utilizados en la impresión 3D de textiles (y otros bienes de producción masiva) son el ácido poliláctico (PLA) y el poliuretano termoplástico (TPU-E o TPU), ambos de características similares en general (Qiu et al, 2019). Si bien el PLA deriva de materias primas naturales y renovables, como el maíz, pertenece a los poliésteres como un polímero sintético (Jaafar y Zaaba, 2020). La polimerización se produce con cadenas moleculares, similares en sus propiedades a los polímeros a base de petróleo, con lo cual es un producto no compostable. Aún hoy suelen confundirse los términos *biodegradable* y *compostable*. Biodegradable generalmente significa que un objeto puede ser degradado con en un proceso biológico, mientras que compostable generalmente indica que tal proceso conduce al desarrollo de composta. El término *biodegradable*, usado a menudo en la promoción del PLA, pretende sugerir que este, al igual que los desechos de cocina, puede degradarse en la composta doméstica o en la naturaleza. Sin embargo, este no es el caso: el PLA y el TPU se pueden describir como biodegradables pero solo en las condiciones particulares del compostaje industrial (Van Wijk y Van Wijk, 2015). De acuerdo con la norma europea EN13432, un polímero o empaque se considera compostable si, en una planta de compostaje industrial, logra degradarse como mínimo el 90% en 6 meses, sometido a un

ambiente rico de dióxido de carbono; en contacto con materiales orgánicos, al cabo de 3 meses la masa del material debe estar constituida como mínimo por el 90% de fragmentos de dimensiones inferiores a 2 mm; y logra concentraciones de metales, pesados, sólidos volátiles, y otros elementos de forma que resulten inofensivas (no tóxicos y sin efectos negativos en el crecimiento de las plantas).

Por otro lado, hay falta de datos suficientes y mucha discusión sobre cuánto CO₂, combustibles fósiles y agua se consume en la producción de bioplásticos a partir de materiales naturales y si afectan negativamente la producción de alimentos. El fabricante holandés de filamentos Jan-Peter Willie declara que para hacer 1 kg de PLA se necesitan 2.65 kg de maíz (Contreras, 2019). Si bien en la actualidad debido a la reciente incorporación de esta tecnología de manufactura dentro de la industria textil no se aprecian efectos o impactos en el ecosistema, puede inferirse que de crecer el uso de la impresión 3D en lo textil, seguirá los mismos pasos que el resto de las industrias que utilizan masivamente el plástico (en todas sus variantes).

Exploración y análisis del Wicked Problem a través del clipping de fuentes

A partir de los casos más importantes y relevantes encontrados en la actualidad, se analizaron las noticias, papers y ensayos encontrados para comprender mejor el *wicked problem*. El caso disparador de esta investigación es el de la diseñadora israelí Danit Peleg, quien desde 2014 trabaja con la impresión 3D como forma de producción de sus textiles de forma doméstica. Sus primeras pruebas son con PLA, para luego derivar en un material más acorde a sus necesidades: TPU/TPE-U (distintas formas de referirse al mismo material: poliuretano termoplástico). De igual manera, se encuentran otras iniciativas interesantes similares en el campo textil.

En 2020, Jack Forman (2020), un estudiante de posgrado del MIT Media Lab, ha aprovechado un defecto común de las impresoras, la subextrusión del filamento del polímero, para crear DefeXtiles, un tejido similar al tul que se puede moldear en formas más complejas. Forman ha aprovechado el defecto de los huecos que el proceso deja en el plástico para producir textiles polímeros flexibles de una manera sencilla y sin una gran inversión. Los DefeXtiles son telas delgadas y elásticas formadas por materiales comunes en la impresión 3D que se pueden imprimir de forma rápida y en una gran variedad de formas utilizando tan solo una impresora 3D económica, sin modificaciones y sin software adicional. Los materiales que utiliza para realizar sus pruebas son ácido poliláctico (PLA), PETG, Nylon/Poliamida (PA), Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y poliuretano termoplástico (TPU).

Por su parte, en 2020 las empresas Polymaker y Covestro (2020) en conjunto lanzaron al mercado su versión de tela impresa en 3D. Ambas tienen amplia experiencia en sus áreas: Polymaker es una empresa de alta tecnología especializada en materiales de impresión 3D, con base en China; mientras que Covestro surge en 2015, con base en Alemania, como desprendimiento de la antigua división de plásticos de Bayer AG.

De acuerdo con los últimos estudios realizados (Jambeck, Lavender Law, Leonard et al, 2020), los Estados Unidos y el Reino Unido producen más desechos plásticos por persona que cualquier otro país central. El análisis también muestra que EEUU produce la mayor cantidad de desechos plásticos en total y que sus ciudadanos pueden llegar al tercer lugar en el mundo en cuanto a contribuir a la contaminación plástica en los océanos. En un trabajo similar anterior había sugerido que los países asiáticos dominaban la contaminación marina por plásticos y colocaron a los EEUU en el puesto 20 (Sample, 2015), pero esto no tuvo en cuenta las exportaciones de desecho que este país realizaba o el vertido ilegal dentro de su propio territorio. Los datos de 2016, los últimos disponibles, muestran que más de la mitad del plástico recolectado para reciclar en los EEUU se envió al extranjero, principalmente a países que ya luchan por administrar los desechos plásticos de manera efectiva. Los investigadores dijeron que años de exportación habían enmascarado la enorme contribución de los Estados Unidos a la contaminación plástica (Carrington, 2020). En este sentido se encuentra un especial nexo entre el consumo y los desechos. Se evidencia en trabajos de investigación como el expuesto que el hombre occidental y un sistema económico capitalista, con sus principales banderas en los Estados Unidos, son los principales responsables de sobrepasar límites biogeofísicos. Como resultado, a esta época que algunos autores como Liz-Rejane y Philippe (2018) denominan *antropoceno* en mi opinión resultaría más apropiado referirse como *capitaloceno*, al igual que lo hace el profesor de ecología humana Andreas Malm (2018).

Por último, y como algo no menor, se resalta del trabajo de los especialistas que el aporte a la generación de desechos plásticos por parte de la Argentina (aproximadamente 61 kg por persona por año) se encuentra por encima del de los otros dos países de la región también analizados, Brasil y México (Jambeck, Lavender Law, Leonard et al, 2020).

Aspecto insostenible elegido y su mapeo de conexión al Wicked Problem

Los materiales de impresión 3D actuales no presentan como característica ser biodegradable en condiciones domésticas o compostables. Si bien se detecta que la mayoría son reciclables, una serie de factores (conocidos por repetirse en otras industrias) hace que no se reciclen correctamente, y tan solo una pequeña porción de los desechos plásticos es reutilizado.

Las condiciones de infraestructura y tecnología principales refieren a la demanda energética que presentan las impresoras por deposición de materiales, las cuales deben mantener una alta temperatura de extrusión; a los demás servicios públicos de los cuales se hace uso en instalaciones de producción (aire, ventilación, iluminación, etc); y también al desarrollo de nuevos formatos de impresoras y de materiales acordes a este tipo de uso textil, los cuales están todavía en progreso debido a su incipiente aparición en el mercado.

En cuanto a las restricciones políticas o gubernamentales, son pocas las regulaciones encontradas referentes a la impresión 3D. Debido a la gran demanda de materiales de uso médico durante la pandemia de Covid19, la Unión Europea (2020) publicó una serie de especificaciones y requerimientos mínimos para la impresión 3D de estos insumos. Fuera de esta salvedad, no se encuentran manuales de higiene y seguridad específicos para lo-

cales o talleres de impresión masiva o continua, por lo que las producciones en granjas de impresión son todavía libres de la vista de los estados (por fuera de las regulaciones impositivas aplicables a todas las empresas).

La influencia del precio de las commodities como el petróleo y las fluctuaciones en su demanda afectan a los productos hechos con sus derivados. En este sentido, se podría cortar el lazo con el petróleo si se reemplazaran los materiales de impresión por otros de base biológica como el maíz, la soja o el trigo en pos de una solución más renovable. Sin embargo, los impuestos a la importación en la mayoría de los países seguiría vigente para las máquinas, herramientas y repuestos, ya que la mayor cantidad de impresoras de producción masiva son de origen chino.

Tanto los ecosistemas locales como la población sufren los impactos que provocan las empresas generadoras de grandes desechos plásticos y otros utilizados en sus procesos. Si bien la impresión 3D reduce al mínimo los desechos productivos, los productos que surgen a partir de ella son de materiales aún no biodegradables fácilmente. Los que son reutilizables o reciclables necesitan de condiciones de humedad y temperatura solo alcanzadas en condiciones especiales generadas por plantas recicladoras, las cuales son poco frecuentes en el mundo. A esto se le suman las emisiones de CO2 de otros procesos asociados. (Ver Figura 5)

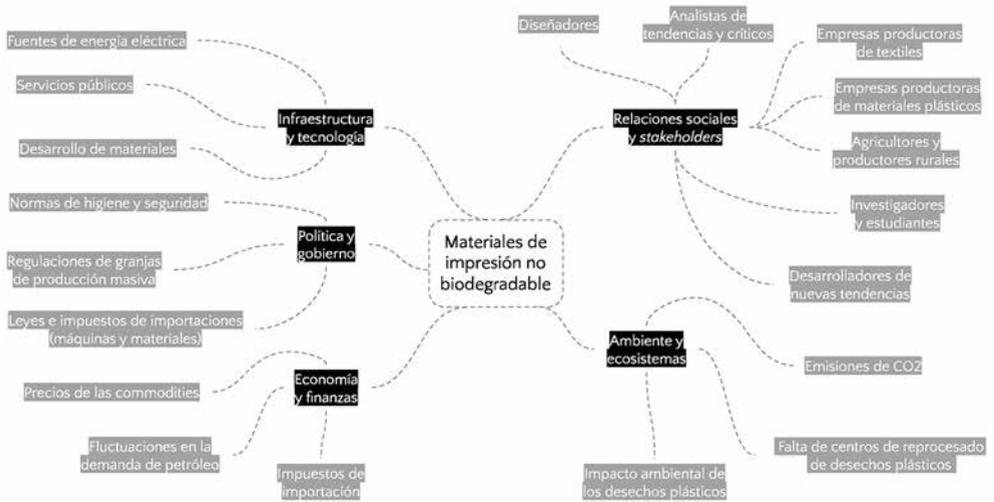


Figura 5. Mapeo síntesis del Wicked problem de la producción textil en 3D. Fuente: elaboración propia (2020).

Principales actores (stakeholders) y sus conexiones

Los principales actores involucrados en el *wicked problem* de las producciones y los desechos plásticos son variados. Los diseñadores tienen fuertes conexiones con varios otros actores, como los investigadores, las universidades, las empresas textiles y petroleras. Cada vez más los diseñadores se encuentran cercanos a los activistas por la ecología, para trabajar en conjunto en pos de la búsqueda de soluciones ante los problemas provocados por la indiscriminada producción de plásticos. A su vez, las industrias de productos masivos del caso (plástico y textiles), se encuentran en oposición a la posición de los actores nombrados anteriormente, ya que estas buscan siempre su mejor rendimiento económico y en general las políticas implementadas por gobiernos nacionales y locales no son correctamente aplicadas. Así, las grandes empresas evaden legislaciones y regulaciones de desechos y productos tóxicos que utilizan en sus procesos productivos. Es por esto que nuevas leyes son impulsadas constantemente, para contener la masividad de los desechos plásticos (Cirino, 2019; Corkery, 2020). Las comunidades locales se ven afectadas por la acumulación de desechos y la contaminación del agua por plásticos y microplásticos. Las emisiones de carbón y el consumo de energía eléctrica industrial tampoco encuentran grandes restricciones o controles, por lo que la huella de carbono de sus productos en muchos casos es imposible de determinar. Las fuertes conexiones entre diseñadores-investigadores-universidad pocas veces encuentran diálogo con los gobiernos para desarrollar soluciones en conjunto. En cambio, los diseñadores y productores locales pueden tener acercamientos para el trabajo en pos de la mejora productiva y la búsqueda de soluciones. La atomización de *stakeholders* propicia la continuidad sin resoluciones positivas dentro de los *wicked problems*, por lo cual encontrar puntos de acercamiento, coincidencia e incluso de diferencias podría mejorar la comunicación. (Ver Figura 6)

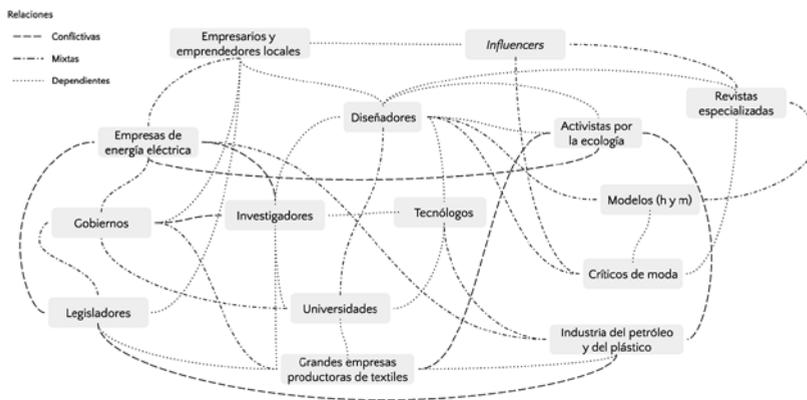


Figura 6. Mapeo los principales stakeholders del Wicked problem de la producción textil en 3D. Fuente: elaboración propia (2020).

Propuesta de intervención para la transición sostenible

Aunque posiblemente la impresión 3D pueda contribuir significativamente a una economía circular, todavía hay dos aspectos principales a cubrir. Primero, los plásticos y otros materiales imprimibles hoy son principalmente producidos a partir de materiales fósiles (y la producción de plásticos también implica energía). El segundo punto es que las impresoras 3D funcionan con electricidad, que es mayormente producida por plantas de energía a base de combustibles fósiles (Van Wijk y Van Wijk, 2015).

Tanto los investigadores en grupos de universidades como las empresas privadas que estén interesadas en ser parte activa de la producción y comercialización de textiles impresos en 3D deberán comprometerse con la investigación y el desarrollo de nuevos y mejores materiales para este fin, con condiciones de degradación naturales o doméstica. Además, los gobiernos son los que, por proposición o imposición, pueden localizar plantas especiales para el procesamiento de los desechos plásticos actuales y activar planes de reciclado y campañas de concientización a nivel de país tanto como localmente.

Como ejemplo, se lanza este año en el Reino Unido, uno de los países con más contaminación con plásticos (99 kg por persona por año, solo después de los 105 kg de los estadounidenses) (Carrington, 2020), un nuevo estándar para plásticos biodegradables. El plástico que dice ser biodegradable tendrá que pasar una prueba para demostrar que se descompone en una cera inofensiva que no contiene microplásticos ni nanoplasticos para lograr el grado, publicado por la British Standards Institution (Laville, 2020).

Estudios como el llevado a cabo en la Universidad de Estrasburgo, Francia (Avérous et al, 2018), para identificar hongos prometedores para la gestión de residuos biológicos de poliuretanos serían, en conjunto con políticas nacionales de concientización y enseñanza a la población, una posible salida al increíble problema que se ha vuelto la acumulación de residuos plástico en todo el mundo. Como paso intermedio, sería también recomendable establecer espacios de reparación de productos, donde se fomente el intercambio de saberes y habilidades para alterar los ciclos de vida de los productos (y su obsolescencia programada). A un *wicked problem* como el de los desechos plásticos, se deberá aplicar una solución también compleja, abarcándolo desde el diseño, pero también desde lo legislativo, gubernamental, empresarial y social.

Modificaciones para la transición sostenible

Una sociedad líquida como la actual tan alerta sobre los problemas ambientales, como el de los desechos y el cambio climático, se predispone a adoptar cambios que sumen a una transición sostenible y con perspectivas de mejora a futuro cercano. Las transformaciones de los estilos de vida serán más sostenibles en el tiempo si son adquiridas con impulso propio de cada individuo. Así, una primera aproximación a un cambio en la forma de consumo y el posterior ciclo de vida tanto de prendas de fabricación tradicional como de confección por impresión 3D, sería recomendable que se formalice en una intervención en el contexto inmediato al consumidor. Con la modificación del valor simbólico que tienen las prendas de estación, especialmente de ciertas marcas y diseñadores, cambiará también

la relación que desarrolla el usuario con su vestuario. La función simbólica ocupa una posición importante dentro del trabajo de diseño de prendas, por lo que su orientación hacia una conciencia sostenible sería de gran impacto en futuras colecciones.

En un contexto intermedio, las empresas y los diseñadores deberán ser actores importantes de cambio tanto de los valores de sus productos, como del ciclo de consumo al que apuntarán. Su intervención en un proceso de mejora y sostenibilidad se vuelven vitales para lograr una transición generalizada. Ya en un contexto más amplio, se vuelven indispensable las acciones tanto de gobiernos locales como nacionales que colaboran brindando condiciones necesarias para las empresas para el cambio, junto con políticas, legislaciones, campañas de concientización y controles de cumplimiento.

Para completar el esquema de cambio, se requerirán además ciertas normativas legales, marcos regulatorios en higiene y seguridad, y de disposición de residuos. Asimismo, la limitación del uso de ciertas materias primas y el control gubernamental de las producciones, proponiendo un límite a lo que hoy no lo tiene. Los acuerdos internacionales como el *Acuerdo de París* (Organización de las Naciones Unidas, 2015), pueden ser un punto de partida para basarse en las demás medidas necesarias a niveles nacionales. (Ver Figura 7)

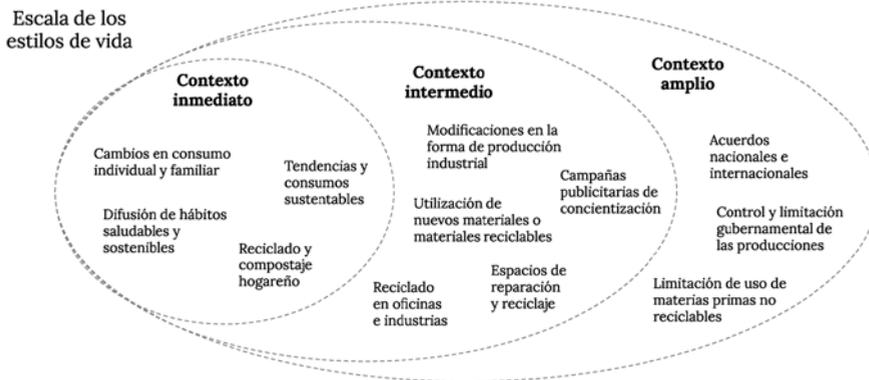


Figura 7. Propuestas de modificaciones en distintas escalas de los estilos de vida. Fuente: elaboración propia (2020).

Aplicación del diagrama Pathways of Social Design

Haciendo uso de la herramienta propuesta por el Winterhouse Institute (2013), el cuadro de *Pathways of Social Design*, se ubican en escala de compromiso y rango de experiencia una serie de posibles caminos deseables para la transformación. En el cuadro se propone la participación interdisciplinaria de distintos actores sociales como diseñadores, empresas, gobiernos y la sociedad en su conjunto, desde lo individual hasta lo colectivo, en pos de un consumo más responsable y una producción sostenible.

Un primer aporte individual de los diseñadores podrá ser el compromiso con la utilización de materiales que sean biodegradables, compostables o que tengan un bajo y controlado impacto ambiental. De esta forma, y desde el origen del desarrollo de los productos, podrá asegurarse un mayor nivel de reciclabilidad o, cuando menos, de control del uso de los recursos naturales no renovables. En forma conjunta, además, los diseñadores textiles en conjunto con otros especialistas en trabajo interdisciplinario podrán ponerse de acuerdo para lograr ciertos acuerdos que permitan la fácil impresión de telas, partes como repuestos, accesorios y otros tipos de reparaciones que puedan necesitar las prendas. Será importante el desarrollo de prendas que sean domésticamente imprimibles, reparables y con facilidades para realizar cambios y mejoras. La relativa sencillez de imprimir de forma doméstica una prenda, junto con instrucciones (como parte del diseño) que permitan actualizar las prendas o reemplazar las partes que necesiten algún cambio, podrán hacer más controlada la producción y fácil la reparación de las mismas.

Si pudiera lograrse alianzas con empresas del sector, que sean reconocidas y tuvieran un impacto representativo en las poblaciones, ambas partes (diseño y producción) podrán trabajar en busca de un cambio de las tendencias. De la colaboración entre comunicadores, comercializadores, diseñadores y productores textiles y/o *makers* pueden surgir piezas en colecciones cápsula para un aporte de compromiso conjunto, y a la vez transmitir mensajes a los usuarios sobre la importancia de llevar adelante un cambio de modos de consumo, tendencias y modas que se encaminan a la sostenibilidad.

Resulta importante seguir difundiendo desde el lugar individual cómo los nuevos hábitos de vida y consumo pueden resultar de impacto en el entorno. Por eso, el trabajo de difusión en redes sociales (dentro y fuera del campo del diseño) de diseñadores y usuarios en general sigue siendo una forma de concientización.

En la actualidad, muchos *influencers*, se dedican a la comunicación de estos hábitos más saludables, en búsqueda del bienestar personal pero también ligado a lo que menos impacta en el medioambiente.

En forma conjunta, diseñadores y especialistas en comunicación y marketing podrán aprovechar la poca difusión hasta el momento de esta tecnología disruptiva de fabricación de prendas para desarrollar nuevas estrategias comunicacionales y de venta que resulten innovadoras e interesantes a los usuarios. Ante una posible expansión de la producción de prendas mediante impresión 3D, se da un nuevo paradigma desde la comunicación y la publicidad, con la posibilidad de crear conciencia desde los principios de la aplicación de esta tecnología en el rubro textil.

Con una convergencia mayor de actores, como por ejemplo municipios o autoridades locales, podrían organizarse espacios de encuentro donde pueda darse una reparación a

prendas que lo necesiten o puedan mejorar y además un punto de reciclado para lo que ya no pueda ser utilizado, pero con un destino de reutilización. De esta forma, y en forma de trabajo en conjunto, tanto diseñadores dedicados a esta forma de fabricación de prendas, como otros diseñadores, reparadores, técnicos, ingenieros, *makers* y/o empresas pymes dedicadas a la impresión 3D, podrán resolver los inconvenientes con prendas impresas. Al mismo tiempo, si este espacio funcionase como un lugar de encuentro para el depósito de objetos, productos, y packaging hechos con plásticos que pueden ser reutilizados en esos mismos espacios para las reparaciones o generación de nuevas prendas, o incluso pueda ser comercializado como material de reuso.

En la parte más alta de la escala de compromiso individual, un diseñador podrá también comprometerse con la realización de diseños que tengan una fuerte impronta ecológica, con base en el uso de materiales biodegradables y/o compostables o claramente reutilizables. En el diseño industrial se contempla no solo el aspecto funcional desde su uso y vinculación con el usuario, sino que además se tiene en cuenta la función simbólica o de signo del producto. Aquí se abre un camino múltiple para el diseñador, que deberá asumir la responsabilidad de transmitir el mensaje más claramente posible, desde lo morfológico, funcional y simbólico de sus trabajos, sin descuidar los aspectos culturales que podrán aportar al cambio de hábitos.

El objetivo último y mayor en esta problemática de la contaminación por plásticos -en el que se insertan la impresión 3D en general y particularmente también los textiles 3D- sería la implementación de campañas de reparación, reciclado y políticas gubernamentales. A un nivel local, además de los espacios de reparación y reciclado de prendas y objetos que se mencionan anteriormente, serán necesarias políticas de recolección reales de productos reciclables, junto con la separación de desechos. Ya en niveles superiores de gobiernos, con legislaciones y regulaciones acordes, podrán limitarse y controlarse las producciones de materias primas y productos industrializados para requerir ciertos niveles de emisiones de carbono en los procesos y de reciclabilidad de las producciones (y packaging). Tanto el control gubernamental como la implementación de herramientas jurídicas son necesarios para frenar lentamente la producción indiscriminada que todavía se maneja en las industrias, especialmente la química y la textil, que utilizan materias primas sintéticas. (Ver Figura 8)

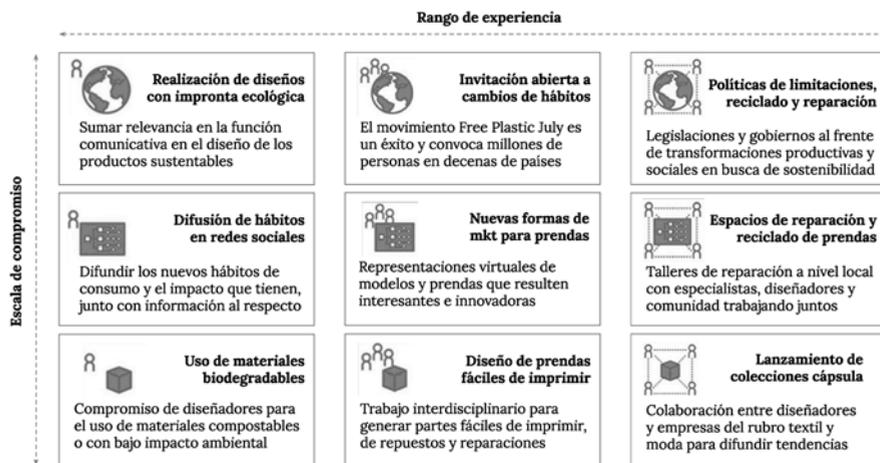


Figura 8. Representación de propuestas de diseño sostenible según los Pathways of Social Design (Winterhouse, 2013) para la producción de textiles y otros objetos impresos en 3D. Fuente: elaboración propia (2020).

Visión de futuro

Mediante el uso de la metodología del *Backcasting* se pretende encontrar un camino conducente a la visión de futuro deseado. Este proceso de mirada en retrospectiva es definido por Irwin, Tonkinwise y Kossoff (Cuaderno del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación N°105, 2020) como la creación de consensos alrededor de una visión de futuro sustentable para luego planificar hacia atrás, determinando cuál es el mejor camino para lograr ese objetivo a partir de la situación actual.

En el presente pueden destacarse iniciativas relacionadas a la concientización individual sobre el reciclado, incluso se detectan empresas que hacen uso de este tipo de materiales plásticos de reciclado para volver a procesarlos y fabricar nuevos productos. De esta forma, se asegura la finalidad del plástico que las personas se ocupan de recuperar. Por otro lado, surgen constantemente nuevas iniciativas que invitan a adoptar cambios de hábitos, en pos de una mejora en la vida doméstica y ciudadana. En este sentido, es ejemplo el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a través de su Ministerio de Espacio Público e Higiene Urbana (2020) quien publicó en 2020 una *Guía de compostaje domiciliario* mediante la cual se pretende concientizar sobre qué es el compostaje, por qué hacerlo, cuáles son sus beneficios y distintas herramientas necesarias a conocer al iniciarse en este cambio de hábitos. Este manual de acceso virtual y gratuito es un intento por reforzar la comunicación de cambios necesarios, desde el poder público que poseen las instituciones.

También la conciencia sustentable llega al ámbito textil, donde el especialista argentino en moda Laureano Mon (2016) destaca que:

En los últimos años la industria de la moda ha ido incorporando discursivamente la temática de la sustentabilidad aunque ello no ha implicado una profunda reconversión de los sistemas productivos sino más bien se ha enfocado en metas fácilmente alcanzables y altamente comercializables: el reciclaje de ropa, la producción de algodón orgánico y el uso de tintes no tóxicos (Mon, 2016).

En la industria de la moda el mayor desafío medioambiental es la utilización de materiales sintéticos, basados en el petróleo, con un alto impacto negativo no sólo en los procesos de producción sino también en su consumo y posterior descarte. Una primera opción será recurrir al reciclaje de materiales sintéticos para desarrollar productos asociados a la indumentaria, ya sean tejidos o elementos de packaging. Sin embargo, Mon sostiene que es el concepto de *vida compostable* –asociado a la circularidad– el que adquirirá mayor relevancia en todos los campos y disciplinas impulsando el desarrollo de productos biodegradables.

También los diseñadores poseen responsabilidad en la creación y producción de muchos de los objetos que nos rodean en la vida cotidiana, desde su morfología hasta sus materiales y su comunicación. Existen variados ejemplos en la actualidad de diseñadores y grupos de trabajo interdisciplinarios que se comprometen con la creación de productos dedicados a mejorar las condiciones de vida de la sociedad y el medioambiente al mismo tiempo. Ya en términos de mediano plazo, el acercamiento al futuro deseado tendrá más que ver con políticas de gobierno que resulten aplicables y sostenibles, tanto desde los recursos del Estado como desde la presión y los requerimientos aplicados a empresas y productores. También se necesitarán una serie de espacios de reparación y reciclaje que resulten de cercanía a las poblaciones y sea una vía de acceso a información y depósitos responsables de reciclaje. En forma paralela, la investigación y el desarrollo de nuevos materiales más sostenibles se vuelve vital para continuar con el camino de transformación sostenible.

El futuro deseado como forma de reducción de daños y posible solución al wicked problem tendrá un requerimiento principal: la reducción de desechos. Esto deberá ser producto de tres fuerzas de acción que trabajen a la vez: una menor generación de desechos y residuos por parte de individuos (personas, familias, oficinas, etc) y empresas de toda clase, la posibilidad de reparación de productos junto con modificaciones en sus ciclos de vida, y también la aplicación de políticas gubernamentales de austeridad en la producción, controlando la velocidad en la producción sin límites que menciona el economista Serge Latouche (Dannoritzer, 2010). (Ver Figura 9)

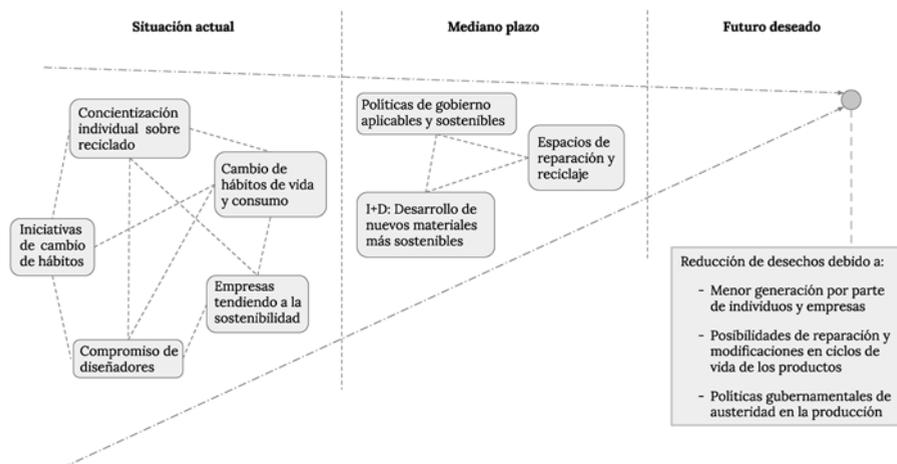


Figura 9. Visión de futuro aplicando la metodología de Backcasting. Fuente: elaboración propia (2020).

Narrativas del Storyboard

Las transformaciones de hábitos en la sociedad implicarán una integración de todos los individuos que la componen. Es por esto que se darán en distintos ámbitos de la vida, tanto en espacios cotidianos como en otros creados especialmente para propiciar cambios. Los cambios que ya están siendo más aceptados por los interesados en ser parte de una sociedad más sostenible son los relacionados al compostaje de elementos de origen natural y orgánicos que se almacenan hasta que se vuelven útiles como tierra de abono. Otros hábitos domésticos deberán ser la responsabilidad por el reciclaje, de todo tipo. Desde la reparación de prendas de vestir hasta el responsable reciclaje de plásticos de un solo uso. Por otra parte, la creación de espacios de enseñanza, reparación de artículos y reciclado de materiales brindarán nuevas dinámicas de trabajo y consumo. Es ejemplo de esto la iniciativa Club de Reparadores, un movimiento que busca promover la reparación como estrategia para el consumo responsable y práctica de la sustentabilidad. Ellos definen la reparación como una forma de extender la vida útil de los objetos y evitar que se conviertan en residuos, y en este sentido, es una manera de combatir la cultura de lo descartable y la obsolescencia programada, poniendo en valor los saberes tradicionales y modernos de reparación. Su forma de trabajo, por un lado, es convocando a encuentros de reparación itinerantes, voluntarios y colaborativos donde personas de todas las edades y ocupaciones intercambian saberes y herramientas con el fin de alargar la vida útil de los objetos, fomentando así la colaboración entre pares. Por otro, trabajan junto a municipios y em-

presas para fortalecer el sector económico de la reparación, la cultura del cuidado, y promover la reducción y gestión responsable de residuos.

Los niños son una parte fundamental del proceso de cambio, ya que serán los actores que gestionarán los suyos y los de su entorno en un futuro a mediano plazo. Es por esto que la integración y el incentivo a que sean parte activa de los cambios propuestos resulta vital. Con la enseñanza de nociones básicas de reciclado, reparación y conciencia medioambiental, bastará para formar más y mejores gestores de cambios.

Objetivos del desarrollo sostenible impactados

Con las propuestas desarrolladas en el presente trabajo, se pretende un impacto principalmente en los siguientes ODS propuestos por la ONU (*Ver Figura 10*):

Objetivos ODS	Propuestas para el <i>wicked problem</i> con impacto en los ODS
Objetivo 4: Educación de calidad	Apertura de cursos técnicos que brinden herramientas de modelado, impresión y reparación de productos impresos en 3D para jóvenes de ambos sexos, para ayudar en su profesionalización. Deberá la formación incluir una parte referida a la concientización de los problemas ecológicos actuales -y futuros-, las mejores prácticas de manufactura y procesos, y la racionalización del uso de las materias primas, el ciclo de consumo de los productos, los procesos de reciclado, el origen de los materiales y sus propiedades, etc.
Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico	La aplicación de políticas de promoción de esta actividad manufacturera (junto con sus capacitaciones acordes) y la creación de espacios de reparación y reciclaje, aportará también a mejorar progresivamente, tanto la producción y el consumo eficientes de los recursos como procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente. Además, se intentará por medio de esta visión de futuro, lograr "promover una industrialización inclusiva y sostenible" (PNUD, 2020). Con la creación de espacios de reparación y estímulos al desarrollo de la impresión 3D, se podrá aportar a "aumentar el acceso de las pequeñas industrias y otras empresas" y a la vez "modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales" (PNUD, 2020). Para esto será vital el apoyo de varios niveles de gobierno, comenzando con los más locales, pero con la necesidad de políticas racionales que respalden.
Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura	En el noveno ODS también se menciona la importancia de "aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente" (PNUD, 2020). Tanto la investigación científica como la innovación en materiales resultan necesarias para seguir el camino de la transición sostenible, para poder lograr a mediano plazo reemplazar muchos de los materiales utilizados todavía por otros que sean sostenibles y sustentables a la vez.
Objetivo 12: Producción y consumo responsables	Se espera poder reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización y a la vez poder asegurar que "las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza" (PNUD, 2020). Estos objetivos son ampliamente tenidos en cuenta dentro de los anteriormente descritos, creando así una coherencia interna de los objetivos propuestos en la visión de futuro.

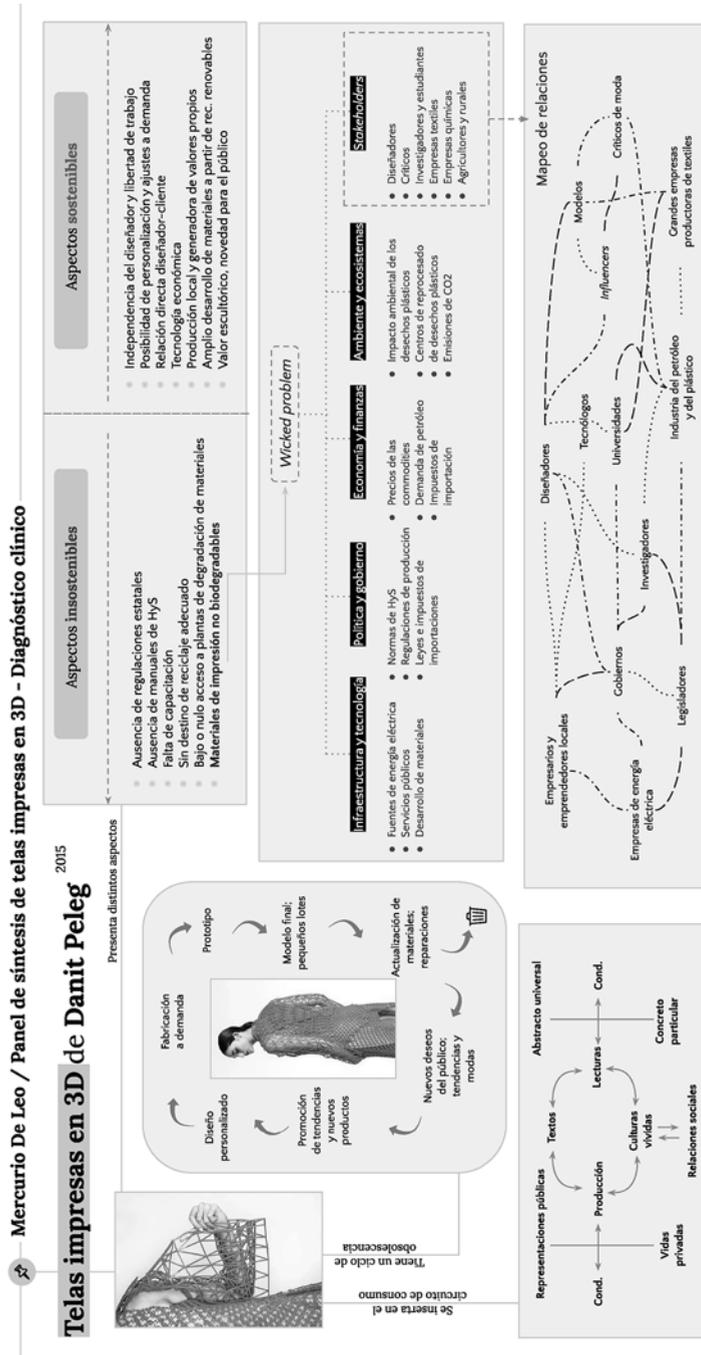
Figura 10. Puntos de vinculación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: elaboración propia (2020).

Conclusiones

Para complejizar más a la sociedad líquida, y sus formas de producción y consumo, se debe introducir el factor de la crisis del cambio climático, que no resulta ajeno a ninguna nación ni territorio. La economista italiana Mariana Mazzucato (2020) resalta que debemos reorientar nuestros sistemas energéticos en torno a energías renovables, lo cual abarca a la impresión 3D (tanto por su fuente de energía como por sus materias primas). Ese viraje de rumbo se identifica a la vez como un antídoto al cambio climático y la llave para hacer una economía segura energéticamente. En sus palabras, “debemos reformar nuestras estructuras económicas y hacer el capitalismo de manera diferente”.

Para la gestión eficiente de los cambios necesarios, será precisa la intervención de diversos actores: desde los diseñadores, pasando por los productores y fabricantes hasta los investigadores en grupos de universidades y las empresas privadas que estén interesadas en ser parte activa de la producción y comercialización de textiles impresos en 3D. Todos estos actores sociales deberán comprometerse con la investigación y el desarrollo de nuevos y mejores materiales para este fin, con condiciones de degradación naturales o domésticas, para frenar los crecientes –y ya no soportables– niveles de contaminación a los ecosistemas.

Además, serán necesarios cambios de hábitos de vida y de consumo de las personas para generar conciencia y control en el consumo; y espacios de intercambio de saberes que propicien un consumo más responsable. Los objetos de los que nos rodeamos día a día son agentes de cambio, ya que contienen un mensaje y una función, por lo cual el rol del diseñador se vuelve de relevancia para difundir mensajes de la urgencia de los cambios. Deberán ser lo antes posible, con la mayor conciencia de todos los integrantes de la sociedad. También los gobiernos jugarán un papel importante en la efectivización de los cambios, ya que son los que pueden imponer normativas que racionalicen los recursos naturales, regulen las condiciones de trabajo, controlen la velocidad de producción y localicen plantas especiales para el procesado de los desechos plásticos actuales y venideros. *(Ver Figuras 11a y b)*



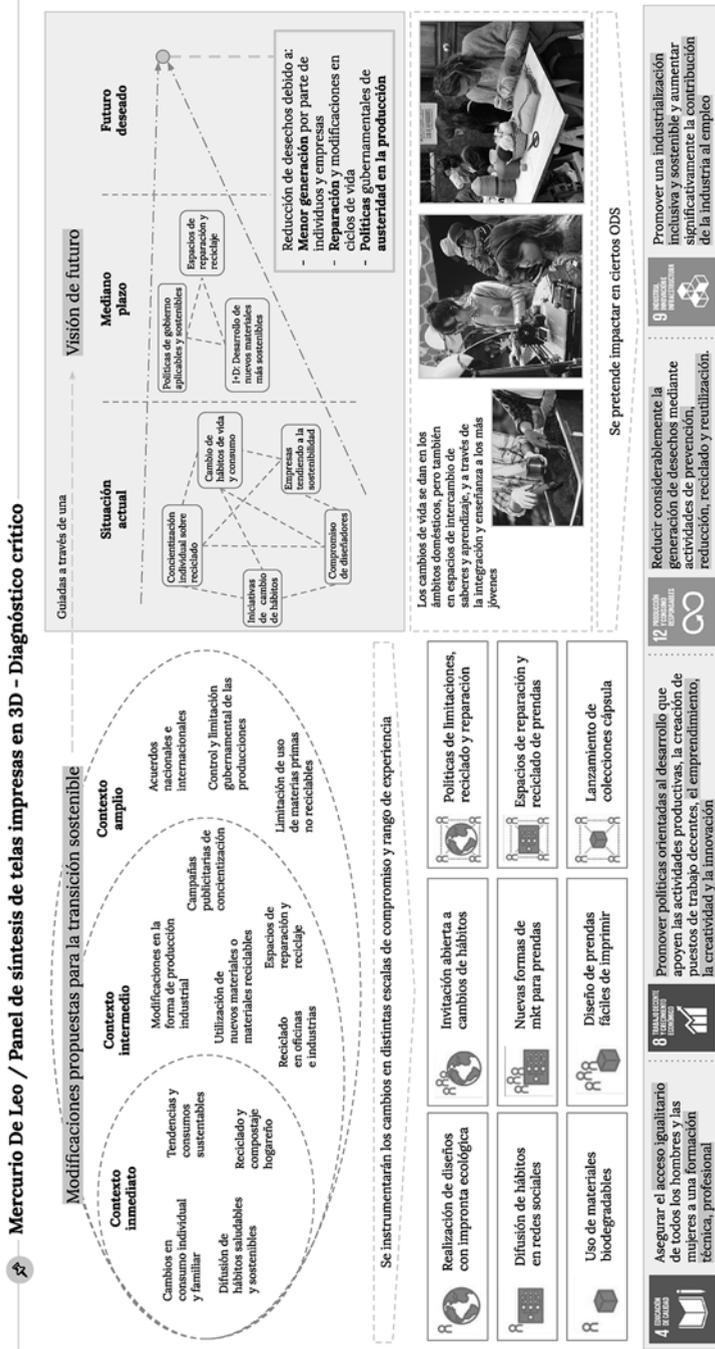


Figura 11a (p. 222) y b. Mapa Síntesis del Análisis. Fuente: elaboración propia (2020).

Referencias bibliográficas

- Asamblea General de las Naciones Unidas (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 12/12/2020. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/transformar_nuestro_mundo_documento_oficial_de_la_agenda_2030_original.pdf
- Avérous, L.; Hoornaert, L.; Laurichesse, S.; Magnin, A.; Phalip, V. y Pollet, E. (2018). *Isolation and characterization of different promising fungi for biological waste management of polyurethanes*. Recuperado el 20/12/2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329967243_Isolation_and_characterization_of_different_promising_fungi_for_biological_waste_management_of_polyurethanes
- Barreiro, A. M. (2004). *La construcción social del cuerpo en las sociedades contemporáneas*. La Coruña: Universidad de A Coruña, Departamento de Sociología y Ciencia Política y de la Administración.
- Bauman, Z. (2000). *Modernidad líquida*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica de Argentina, S.A.
- Carrington, D. (30/10/2020). US and UK citizens are world's biggest sources of plastic waste – study. The Guardian. Recuperado el 20/12/2020. Disponible en: <https://www.theguardian.com/environment/2020/oct/30/us-and-uk-citizens-are-worlds-biggest-sources-of-plastic-waste-study>
- Cirino, E. (04/03/2019). What Laws Work Best to Cut Plastic Pollution? The Revelator. Recuperado el 26/12/2020. Disponible en: <https://therevelator.org/plastic-pollution-laws/>
- Contreras, L. (17/09/2018). ¿Es la impresión 3D un método de fabricación sostenible?. Recuperado el 26/12/2020. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/3d-fabricacion-sustentable-170920182/#!>
- Contreras, L. (23/07/2019). ¿Qué tan «ecológico» es realmente el filamento PLA?. 3D Natives. Recuperado el 28/11/2020. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/ecologico-realmente-filamento-pla-230720192/>
- Corkery, M. (10/02/2020). Federal Bill Seeks to Make Companies Responsible for Plastic Waste. The New York Times. Recuperado el 25/12/2020. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2020/02/10/business/recycling-law.html>
- Cortés, I. (12/08/2019). Los desafíos legales de la impresión en 3D. El País. Recuperado el 28/12/2020. Disponible en: https://elpais.com/economia/2019/08/09/actualidad/1565350591_001399.html
- Cuaderno del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación N°105. (2020) (Publicado en 2020-2021) Visiones del Diseño III: Problematizar el Diseño para Comprender su Complejidad. Coordinación Daniela V. Di Bella (UP) y Terry Irwin (CMU). Facultad de Diseño y Comunicación Año XXIII, Buenos Aires, Argentina. ISSN: 1668-0227.
- Dannoritzer, C. (2010). *Comprar, tirar, comprar* [Archivo de video]. Recuperado el 15/11/2020. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=uGAgH AZRM yU&ab_channel=INSPIREME
- Forman, J. (2020). DefeXtiles: 3D printing quasi-woven textiles via underextrusion. Massachusetts Institute of Technology Media Lab. Recuperado el 07/11/2020. Disponible en: <https://www.media.mit.edu/projects/defextiles/overview/>

- Hay, Z. (07/11/2019). *3D Printed Fabric: The Most Promising Projects*. All3Dp. Recuperado el 07/11/2020. Disponible en: <https://all3dp.com/2/3d-printed-fabric-most-promising-project/>
- Jaafar, M. y Zaaba, N. (2020). *A review on degradation mechanisms of polylactic acid: Hydrolytic, photodegradative, microbial, and enzymatic degradation*. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/pen.25511>
- Jambeck, J.; Lavender Law, K.; Leonard, G.; Mallos, N.; Siegler, T. y Starr, N. (2020). The United States' contribution of plastic waste to land and ocean. *Science Advances*. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://advances.sciencemag.org/content/6/44/eabd0288>
- Julier, G. (2008). *El Consumo del Diseño*. En: *La Cultura del Diseño*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Laville, S. (01/10/2020). New British standard for biodegradable plastic introduced. *The Guardian*. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://www.theguardian.com/environment/2020/oct/01/new-british-standard-for-biodegradable-plastic-introduced>
- Liz-Rejane, I. y Philippe, L. (2018). *Antropoceno: la problemática vital de un debate científico*. En: *Bienvenidos al Antropoceno*. El Correo de la Unesco Abril-Junio 2018.
- Malm, A. (2018). *Desastre en Dominica: ¿El Antropoceno o el Capitalismo?*. En: *Bienvenidos al Antropoceno*. El Correo de la Unesco Abril-Junio 2018.
- Matei, A. (23/10/2020). *Your polyester sweater is destroying the environment. Here's why*. *The Guardian*. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2020/oct/23/your-polyester-sweater-is-destroying-the-environment-heres-why>
- Mazzucato, M. (22/09/2020). *Avoiding a Climate Lockdown*. Project Syndicate. Disponible en: <https://www.project-syndicate.org/commentary/radical-green-overhaul-to-avoid-climate-lockdown-by-mariana-mazzucato-2020-09>
- Ministerio de Espacio Público e Higiene Urbana (2020). *Guía de compostaje domiciliario*. Recuperado el 04/11/2020. Disponible en: <https://www.buenosaires.gov.ar/sites/gcaba/files/guia-compostaje-1-10.pdf>
- Mon, L. (2016). *El futuro de la industria de la moda. Nuevas fronteras éticas: la construcción de sentido en un mundo en crisis*. Buenos Aires: Observatorio de Tendencias INTI.
- Oittana, L. (2013). *La desaparición de lo real o el éxtasis de la comunicación*. Universidad Nacional de Rosario. En *La Trama de la Comunicación*. Vol17. Pp255 a 269.
- Organización de las Naciones Unidas (2015). *Acuerdo de París*. Recuperado el 04/11/2020. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Peleg, D. (2015). *Olvida las compras. Pronto podrás descargar tu ropa nueva*. TEDYouth 2015. Recuperado el 20/10/2020. Disponible en: https://www.ted.com/talks/danit_peleg_forget_shopping_soon_you_ll_download_your_new_clothes?language=es#t-367980
- Qiu, L.; Wang, Q.; Wang, T.; Wang, Z.; Yan, J.; Yingying, Z. y Zai, Y. (2019). *Fabrication and Properties of a Bio-Based Biodegradable Thermoplastic Polyurethane Elastomer*. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/11/7/1121/pdf>
- Sample, I. (12/02/2015). Coastal communities dumping 8m tonnes of plastic in oceans every year. *The Guardian*. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://www.theguardian.com/science/2015/feb/12/coastal-communities-dumping-8m-tonnes-of-plastic-in-oceans-every-year>

- Unión Europea (2020). *Procedimientos de evaluación de la conformidad para la impresión 3D y los productos impresos en 3D destinados a ser utilizados en un contexto médico relacionado con la COVID-19*. Recuperado el 26/12/2020. Recuperado el 27/11/2020. Disponible en: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/40562/attachments/1/translations/es/renditions/pdf>
- Van Wijk A. y van Wijk, I. (2015). 3D printing with biomaterials. Towards a sustainable and circular economy. Amsterdam: IOS Press.
- WGSN (2020). Resurgimiento. Reconectar en un mundo sin contacto. Recuperado el 15/11/2020. Disponible en: <https://www.wgsn.com/es/>
- Winterhouse Institute (2013). *Social Design Pathways*. Recuperado el 28/12/2020. Disponible en: <http://www.winterhouseinstitute.org/pathways>.

Bibliografía

- Asamblea General de las Naciones Unidas (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 12/12/2020. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/transformar_nuestro_mundo_documento_oficial_de_la_agenda_2030_original.pdf
- 3D Printing Media Network (12/09/2016). *FDA Releases Update on Regulations for 3D Printing of Medical Devices*. Recuperado el 22/12/2020 Disponible en: <https://www.3dprintingmedia.network/fda-releases-update-regulations-3d-printing-medical-devices/>
- Avérous, L.; Hoornaert, L.; Laurichesse, S.; Magnin, A.; Phalip, V. y Pollet, E. (2018). *Isolation and characterization of different promising fungi for biological waste management of polyurethanes*. Recuperado el 20/12/2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329967243_Isolation_and_characterization_of_different_promising_fungi_for_biological_waste_management_of_polyurethanes
- Barreiro, A. M. (2004). *La construcción social del cuerpo en las sociedades contemporáneas*. La Coruña: Universidad de A Coruña, Departamento de Sociología y Ciencia Política y de la Administración.
- BASF (s/f). Thermoplastic Polyurethane Elastomers (TPU). Elastollan®—Processing Recommendations. Technical Information.
- Bauman, Z. (2000). *Modernidad líquida*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica de Argentina, S.A.
- Biome Bioplastics (30/10/2013). Biome Bioplastics serves up compostable coffee pods. Recuperado el 18/12/2020. Disponible en: <https://biomebioplastics.com/biome-bioplastics-serves-up-compostable-coffee-pods/>
- Butler, J. (2007). *El género en disputa. El feminismo y la subversión de la identidad*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica S.A.
- Carrington, D. (30/10/2020). US and UK citizens are world's biggest sources of plastic waste - study. The Guardian. Recuperado el 20/12/2020. Disponible en: <https://www.theguardian.com/environment/2020/oct/30/us-and-uk-citizens-are-worlds-biggest-sources-of-plastic-waste-study>

- Cerda, E. (2007). *Reseña Limits to Growth: The 30-Year Update (2004)*. Revista Principios 144 N°9. Sección Crítica de Libros. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Cirino, E. (04/03/2019). What Laws Work Best to Cut Plastic Pollution? The Revelator. Recuperado el 26/12/2020. Disponible en: <https://therevelator.org/plastic-pollution-laws/>
- Contreras, L. (17/09/2018). ¿Es la impresión 3D un método de fabricación sostenible? Recuperado el 26/12/2020. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/3d-fabricacion-sustentable-170920182/#/>
- Contreras, L. (23/07/2019). ¿Qué tan «ecológico» es realmente el filamento PLA? 3D Natives. Recuperado el 28/11/2020. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/ecologico-realmente-filamento-pla-230720192/>
- Corkery, M. (10/02/2020). Federal Bill Seeks to Make Companies Responsible for Plastic Waste. The New York Times. Recuperado el 25/12/2020. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2020/02/10/business/recycling-law.html>
- Cortés, I. (12/08/2019). Los desafíos legales de la impresión en 3D. El País. Recuperado el 28/12/2020. Disponible en: https://elpais.com/economia/2019/08/09/actualidad/1565350591_001399.html
- Covestro (2020). *3D-printed fashion: Soft-touch, personalized, recyclable*. Recuperado el 15/11/2020. Disponible en: <https://solutions.covestro.com/en/highlights/articles/stories/2019/tpu-dress>
- Cuaderno del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación N°105. (2020) (Publicado en 2020-2021). Visiones del Diseño III: Problematizar el Diseño para Comprender su Complejidad. Coordinación Daniela V. Di Bella (UP) y Terry Irwin (CMU). Facultad de Diseño y Comunicación Año XXIII, Buenos Aires, Argentina. ISSN: 1668-0227.
- Cuaderno del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación N°73. (2017) (Publicado en 2019) Diseño en Perspectiva - Diseño para la transición. Primera Sección. Coordinación Terry Irwin (CMU) y Daniela V. Di Bella (UP). Facultad de Diseño y Comunicación Año XIX, Buenos Aires, Argentina. ISSN: 1668-0227.
- Dannoritzer, C. (2010). *Comprar, tirar, comprar* [Archivo de video]. Recuperado el 15/11/2020. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=uGAghAZRMjU&ab_channel=INSPIREMe
- Filament2print (03/05/2020). ¿Cuáles son las profesiones y sectores que más usan la impresión 3D? Recuperado el 12/12/2020. Disponible en: https://filament2print.com/es/blog/61_profesiones-sectores-mas-uso-impresion-3d.html
- Forman, J. (2020). DefeXtiles: 3D printing quasi-woven textiles via underextrusion. Massachusetts Institute of Technology Media Lab. Recuperado el 07/11/2020. Disponible en: <https://www.media.mit.edu/projects/defextiles/overview/>
- Green, M. y Penney, V. (01/07/2020). Another reason to cut down on plastics. The New York Times. Recuperado el 10/11/2020. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2020/07/01/climate/nyt-climate-newsletter-masks.html>
- Hay, Z. (07/11/2019). *3D Printed Fabric: The Most Promising Projects*. All3Dp. Recuperado el 07/11/2020. Disponible en: <https://all3dp.com/2/3d-printed-fabric-most-promising-project/>

- ISO (2020). ISO/ASTM 52901:2017: Additive manufacturing — General principles — Requirements for purchased AM parts. Recuperado el 20/12/2020. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/67288.html>
- IT Users (16/10/2020). El mercado de impresión 3D ganó impulso en el segundo trimestre. Recuperado el 20/12/2020. Disponible en: <https://impresiondigital.ituser.es/noticias-y-actualidad/2020/10/el-mercado-de-impresion-3d-gano-impulso-en-el-segundo-trimestre>
- IT Users (04/05/2020). El mercado de materiales de impresión 3D crecerá un 12% anual hasta 2026. Recuperado el 20/12/2020. Disponible en: <https://impresiondigital.ituser.es/noticias-y-actualidad/2020/05/el-mercado-de-materiales-de-impresion-3d-crecera-un-12-anual-hasta-2026>
- Jaafar, M. y Zaaba, N. (2020). *A review on degradation mechanisms of polylactic acid: Hydrolytic, photodegradative, microbial, and enzymatic degradation*. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/pen.25511>
- Jambeck, J.; Lavender Law, K.; Leonard, G.; Mallos, N.; Siegler, T. y Starr, N. (2020). The United States' contribution of plastic waste to land and ocean. *Science Advances*. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://advances.sciencemag.org/content/6/44/eabd0288>
- Julier, G. (2008). *El Consumo del Diseño*. En: *La Cultura del Diseño*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Laville, S. (01/10/2020). New British standard for biodegradable plastic introduced. *The Guardian*. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://www.theguardian.com/environment/2020/oct/01/new-british-standard-for-biodegradable-plastic-introduced>
- Liz-Rejane, I. y Philippe, L. (2018). *Antropoceno: la problemática vital de un debate científico*. En: *Bienvenidos al Antropoceno*. El Correo de la Unesco Abril-Junio 2018.
- Malm, A. (2018). *Desastre en Dominica: ¿El Antropoceno o el Capitalismo?*. En: *Bienvenidos al Antropoceno*. El Correo de la Unesco Abril-Junio 2018.
- Matei, A. (23/10/2020). *Your polyester sweater is destroying the environment. Here's why*. *The Guardian*. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2020/oct/23/your-polyester-sweater-is-destroying-the-environment-heres-why>
- Max Neef, M. (1993). *Matriz de Necesidades y Satisfactores*. En: *Desarrollo a escala humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Uruguay: Editorial Nordan-Comunidad.
- Mazzucato, M. (22/09/2020). *Avoiding a Climate Lockdown*. Project Syndicate. Disponible en: <https://www.project-syndicate.org/commentary/radical-green-overhaul-to-avoid-climate-lockdown-by-mariana-mazzucato-2020-09>
- Ministerio de Espacio Público e Higiene Urbana (2020). *Guía de compostaje domiciliario*. Recuperado el 04/11/2020. Disponible en: <https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/guia-compstaje-1-10.pdf>
- Mon, L. (2016). *El futuro de la industria de la moda. Nuevas fronteras éticas: la construcción de sentido en un mundo en crisis*. Buenos Aires: Observatorio de Tendencias INTI.
- Moret, R. (2012). *La posmodernidad: intento de aproximación desde la historia del pensamiento*. En: *Revista de Filosofía*. II Epoca No7 Pp 339-348. Madrid: Bajo Palabra.
- Oittana, L. (2013). *La desaparición de lo real o el éxtasis de la comunicación*. Universidad Nacional de Rosario. En *La Trama de la Comunicación*. Vol17. Pp255 a 269.

- Organización de las Naciones Unidas (2015). *Acuerdo de París*. Recuperado el 04/11/2020. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Peleg, D. (2015). *Olvida las compras. Pronto podrás descargar tu ropa nueva*. TEDYouth 2015. Recuperado el 20/10/2020. Disponible en: https://www.ted.com/talks/danit_peleg_forget_shopping_soon_you_ll_download_your_new_clothes?language=es#t-367980
- Plastic Free Foundation (2020). *Impact report 2020*. Recuperado el 10/11/2020. Disponible en: <https://www.plasticfreejuly.org/wp-content/uploads/2020/11/PFF-Impact-Report-2020-screen-1.pdf>
- PNUD (2020) *Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Recuperado el 28/12/2020. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals-old.html>
- Qiu, L.; Wang, Q.; Wang, T.; Wang, Z.; Yan, J.; Yingying, Z. y Zai, Y. (2019). *Fabrication and Properties of a Bio-Based Biodegradable Thermoplastic Polyurethane Elastomer*. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/11/7/1121/pdf>
- Sample, I. (12/02/2015). Coastal communities dumping 8m tonnes of plastic in oceans every year. The Guardian. Recuperado el 06/11/2020. Disponible en: <https://www.theguardian.com/science/2015/feb/12/coastal-communities-dumping-8m-tonnes-of-plastic-in-oceans-every-year>
- Scatolini, J. C. (2011) El pasaje del hombre de la sociedad moderna a la posmoderna. Buenos Aires: Universidad nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. Revista Anales No41. Pp.338-346.
- Specialchem (2020). *Complete Guide on Thermoplastic Polyurethanes (TPU)*. Recuperado el 10/11/2020. Disponible en: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/thermo-plastic-polyurethanes-tpu>
- Unión Europea (2020). *Procedimientos de evaluación de la conformidad para la impresión 3D y los productos impresos en 3D destinados a ser utilizados en un contexto médico relacionado con la COVID-19*. Recuperado el 26/12/2020. Recuperado el 27/11/2020. Disponible en: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/40562/attachments/1/translations/es/renditions/pdf>
- Schwab, K. (14/01/2016). *La Cuarta Revolución Industrial: qué significa, cómo responder*. World Economic Forum. Recuperado el 26/09/2020. Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- Sculpteo (2019). *The state of 3d printing*. 2019 edition. Recuperado el 27/09/2020. Disponible en: <https://www.sculpteo.com/es/ebooks/state-of-3d-printing-report-2019/>
- Sculpteo (2020). *The state of 3d printing*. 2020 edition. Recuperado el 27/09/2020. Disponible en: <https://www.sculpteo.com/es/ebooks/state-of-3d-printing-report-2020/>
- SolidWorks Corporation (2020). *Guía de Diseño Sostenible*. Recuperado el 25/09/2020. Disponible en: <https://www.solidworks.com/sustainability/>
- Specialchem (2020). *Complete Guide on Thermoplastic Polyurethanes (TPU)*. Recuperado el 28/09/2020. Disponible en: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/thermo-plastic-polyurethanes-tpu>

- Taylor, M. (26/12/2017). *\$180bn investment in plastic factories feeds global packaging binge*. The Guardian on line. Recuperado el 27/09/2020. Disponible en: <https://www.theguardian.com/environment/2017/dec/26/180bn-investment-in-plastic-factories-feeds-global-packaging-binge>
- Treatstock (2020). *Catálogo de materiales - TPU*. Recuperado el 27/09/2020. Disponible en: <https://www.treatstock.com/material/tpu>
- Van Wijk A. y van Wijk, I. (2015). *3D printing with biomaterials. Towards a sustainable and circular economy*. Amsterdam: IOS Press.
- WGSN (2020). *Resurgimiento. Reconectar en un mundo sin contacto*. Recuperado el 15/11/2020. Disponible en: <https://www.wgsn.com/es/>
- Winterhouse Institute (2013). *Social Design Pathways*. Recuperado el 28/12/2020. Disponible en: <http://www.winterhouseinstitute.org/pathways>.

Abstract: Currently, the body has become the target of multiple attentions and is, at the same time, the target of large investments (Barreiro, 2004). The demand for new garments and the expressions of designers drive the search for new materialities and identities to communicate. As part of these explorations, designers and researchers working on the development, refinement and manufacture of 3D printed fabrics and garments can be identified since 2014. The recent emergence of both fabrics and textile garments manufactured from 3D printing is an example of the possibilities offered by Industry 4.0. Although the sustainable aspects of this technology make the horizon to which it can lead seem vast (due to the possibilities it offers), it also contains unsustainable aspects that deserve to be analyzed to reorient the best paths to take in search of sustainability. The technique of printing by deposition of materials is growing strongly all over the world, however the raw materials used today present several unsustainable aspects similar to those of other industries that use thermoplastics. This is why the active participation of social actors such as designers, researchers, companies, states will be required to achieve changes in consumer habits and the awareness necessary to enable the closure of the life cycle of products and garments made with 3D printing.

Keywords: Textiles - Revolution 4.0 - Production - Industry - Materials - Innovation - Technology - Life habits - Reusable - Sustainability.

Resumo: Atualmente, o corpo tornou-se alvo de múltiplas atenções e, ao mesmo tempo, alvo de grandes investimentos (Barreiro, 2004). A procura de novas peças de vestuário e as expressões dos designers impulsionam a procura de novas materialidades e identidades para comunicar. Como parte dessas explorações, designers e pesquisadores que trabalham no desenvolvimento, refinamento e fabricação de tecidos e roupas impressos em 3D podem ser identificados desde 2014. O recente surgimento de tecidos e vestuários têxteis fabricados a partir da impressão 3D é um exemplo das possibilidades oferecidas pela Indústria 4.0. Embora os aspectos sustentáveis desta tecnologia façam com que o horizonte a

que ela pode conduzir pareça vasto (pelas possibilidades que oferece), ela também contém aspectos insustentáveis que merecem ser analisados para reorientar os melhores caminhos a seguir em busca da sustentabilidade. A técnica de impressão por deposição de materiais vem crescendo fortemente em todo o mundo, porém as matérias-primas utilizadas hoje apresentam diversos aspectos insustentáveis semelhantes às de outras indústrias que utilizam termoplásticos. É por isso que a participação ativa de atores sociais como designers, pesquisadores, empresas, estados será necessária para a obtenção de mudanças nos hábitos de consumo e a conscientização necessária para possibilitar o fechamento do ciclo de vida de produtos e vestuários feitos com impressão 3D.

Palavras chave: Têxteis - Revolução 4.0 - Produção - Indústria - Materiais - Inovação - Tecnologia - Hábitos de vida - Reutilizáveis - Sustentabilidade.
