

REVESTIMIENTO EN BASE A RESIDUOS DE CORCHO PARA APLICACIONES EN SUSTRATOS TEXTILES DE ALGODÓN

Jimena Alarcón Castro, Carla Silva, Javiera Brañes Alarcón y Josefina Brañes Alarcón

RESUMEN

Se estudia el desarrollo de una solución para la reutilización de residuos de corcho, mediante la conformación de un revestimiento para un material textil de algodón, integrando principios de sustentabilidad y economía circular. El corcho es un material ampliamente usado para fabricar tapones para envases en la industria del vino. Alternativas sustentables como la reutilización de este tipo de residuos, permite el desarrollo de materiales de alto potencial que pueden ser aplicados en diversas áreas del diseño de productos. La metodología incluye el diseño de un revestimiento en base a corcho y Poliuretano Ter-

moplástico (TPU) en el laboratorio y un estudio usuario para conocer aspectos de calidad percibida, basado en ingeniería Kansei. Las valoraciones usuarias son positivas respecto de los prototipos desarrollados. La discusión plantea la relevancia del diseño de materiales emergentes como alternativa a materiales tradicionales, como es el caso del material resultante de la experiencia realizada. Las conclusiones están orientadas a las capacidades del corcho como recurso en el ámbito del diseño de materiales y al enfoque del diseño para su diversificación aplicativa.

Introducción

Desde que la crisis climática es más evidente, la sensibilidad medioambiental ha aumentado significativamente fomentando un cambio de perspectiva en el modo de producir y consumir, dando lugar a la implementación de prácticas más sostenibles. La emergencia sanitaria ha traído consigo, entre otras múltiples consecuencias, alteraciones en los flujos de proveedores de insumos, evidenciando deficiencias en las cadenas de distribución y generando crisis dentro de la crisis. Consecuencias de influencia mundial como el calentamiento global y los conflictos políticos, contribuyen al incremento del precio de materiales y productos tradicionales, así como su disponibilidad, aumentando la demanda de materiales y

productos alternativos (Rognoli *et al.*, 2022). Las empresas quieren comunicar opciones sustentables para no perder clientes y consumidores que cada día exigen soluciones amigables con el medioambiente. Estamos en un momento histórico en que el desarrollo sostenible es una prioridad en todos los ámbitos; gobiernos, empresas, emprendedores y consumidores, están tomando esta dirección. Como consecuencia, la demanda de materiales sostenibles está creciendo de manera acelerada y motivando el desarrollo de nuevas formas de pensar y hacer en el diseño. Un enfoque contemporáneo está referido al diseño de materiales emergentes (Karana *et al.*, 2019), que nacen con la idea de atenuar o anular el daño medioambiental, integrando aspectos de diseño circular,

degradación biológica en el ciclo de vida y huella de carbono mínima, suponiendo una oportunidad para sustituir materiales tradicionales contaminantes (Smol *et al.*, 2017; Pedgley *et al.*, 2021). El diseño de materiales emergentes, considera la multidimensionalidad estética, emocional, sostenible y tecnológica. Esta condición les permite desempeñar funciones y asumir el papel de verdaderos motores de innovación, generadores de experiencias y emociones (Karana, *et al.*, 2016). Los residuos sólidos son su principal insumo. Éstos surgen de diversas actividades humanas como consecuencia inevitable de las actividades de producción y consumo en cualquier economía (Ashby, 2012). La gestión de residuos sólidos es lo único que la gran mayoría de los gobiernos de las ciudades brindan a

sus residentes. Si bien los niveles de servicio, los impactos ambientales y los costos varían drásticamente, la gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es posiblemente el servicio municipal más importante (Mauch, 2016). A medida que el mundo se precipita hacia su futuro urbano, la cantidad de RSU, uno de los subproductos más relevantes de un estilo de vida urbano, está creciendo incluso más rápido que la tasa de urbanización (Vego *et al.*, 2008). Hace diez años había 2.900 millones de residentes urbanos que generaban alrededor de 0,64 kg de RSU por persona por día (680 millones de toneladas al año). Se estima que actualmente estas cantidades han aumentado a aproximadamente 3 mil millones de residentes, generando 1,2 kg por persona por día (1,3

PALABRAS CLAVE / Aceptación Usuaría / Corcho / Diseño de Materiales / Residuos /

Recibido: 17/08/2022. Modificado: 19/09/2022. Aceptado: 20/09/2022.

Jimena Alarcón Castro. Doctora en Gestión del Diseño, Universidad Politécnica de Valencia, España. Profesora, Universidad de BíoBío, (UBíoBío), Chile. Dirección: Departamento de Arte y Tecnologías del Diseño, UBíoBío. Avda. Collao 1202, Concepción, Chile. e-mail: jimenaal@ubiobio.cl

Carla Silva. PhD Química Textil, Centro Tecnológico de Industrias Textiles Vestuario (CITEVE), Directora, Departamento de Química y Biotecnología, CITEVE, Portugal.

Javiera Brañes Alarcón. Ingeniera Civil Industrial, Universidad de Concepción,

Chile. Colaboradora de investigación del Laboratorio de Investigación en Diseño, proyecto FONDECYT Regular N° 1221361, UBíoBío, Chile.

Josefina Brañes Alarcón. Ingeniera Comercial, Universidad de Concepción, Chile. Colaboradora de investigación

del Laboratorio de Investigación en Diseño, proyecto FONDECYT Regular N° 1221361, UBíoBío, Chile.

COATING BASED ON CORK WASTE, FOR APPLICATIONS ON COTTON TEXTILE SUBSTRATES

Jimena Alarcón Castro, Carla Silva, Javiera Brañes Alarcón and Josefina Brañes Alarcón

SUMMARY

The development of a solution for the reuse of cork waste is studied, by forming a coating for a cotton textile material, integrating principles of sustainability and circular economy. Cork is a material widely used to make stoppers for containers in the wine industry. Sustainable alternatives, such as the reuse of this type of waste, allow the development of high-potential materials that can be applied in various areas of product design. The methodology includes the design of a coating based on cork and Thermoplastic Polyurethane (TPU) in the

laboratory and a user study to determine aspects of perceived quality, based on Kansei engineering. User evaluations are positive regarding the developed prototypes. The discussion raises the relevance of the design of emerging materials as an alternative to traditional materials, as is the case of the material resulting from the experience carried out. The conclusions are oriented to the capabilities of cork as a resource in the field of material design and the design approach for its application diversification.

REVESTIMENTO À BASE DE RESÍDUOS DE CORTIÇA PARA APLICAÇÕES EM SUBSTRATOS TÊXTEIS DE ALGODÃO

Jimena Alarcón Castro, Carla Silva, Javiera Brañes Alarcón e Josefina Brañes Alarcón

RESUMO

Estuda-se o desenvolvimento de uma solução para a reutilização de resíduos de cortiça, mediante a conformação de um revestimento para um material têxtil de algodão, integrando princípios de sustentabilidade e economia circular. A cortiça é um material amplamente utilizado para fabricar rolhas para recipientes na indústria do vinho. Alternativas sustentáveis como o reaproveitamento desse tipo de resíduos, permitem o desenvolvimento de materiais de alto potencial que podem ser aplicados em diversas áreas do design de produtos. A metodologia inclui o desenho de um revestimento à base de cortiça e

Poliuretano Termoplástico (TPU) em laboratório e um estudo de usuário para conhecer aspectos de qualidade percebida, com base na engenharia Kansei. As avaliações de usuários são positivas em relação aos protótipos desenvolvidos. A discussão aborda a relevância do design de materiais emergentes como alternativa aos materiais tradicionais, como é o caso do material resultante da experiência realizada. As conclusões estão orientadas para as capacidades da cortiça como recurso na área do design de materiais e o foco do desenho para diversificar sua aplicação.

mil millones de toneladas por año). Para 2025, probablemente aumentará a 4300 millones de residentes urbanos que generarán alrededor de 1,42 kg/cápita/día de RSU (2200 millones de toneladas por año) (Hoorweg y Bhada-Tata, 2012; Hoorweg *et al.*, 2013). Los RSU son un insumo relevante para el ámbito del diseño de materiales emergentes. El interés por los materiales sustentables ha crecido recientemente debido a la expansión de la estrategia de diseño de productos sostenibles, que tiene como objetivo sustituir los materiales no renovables por materiales naturales o renovables. Esta estrategia tiene como objetivo disminuir los impactos ambientales durante la extracción de materias primas, fabricación, uso y fin de vida de productos.

En el campo del diseño de materiales, los conceptos están en constante cambio con respecto a la idoneidad de la composición y apariencia (Lefteri, 2007). Los límites del diseño de materiales avanzan cada vez más hacia territorios que permiten desarrollar composiciones más expresivas en forma y función, integrando al usuario para conocer su percepción y generar experiencias de uso positivo (Giaccardi y Karana, 2015). El corcho es la corteza del alcornoque (*Quercus suber* L.). Está compuesto por más de 40 millones de células por centímetro cúbico, con paredes de cinco capas hechas de celulosa, lignina, suberina, taninos y ceras. El corcho es un material natural muy versátil, ligero, elástico, flexible, reciclable, no tóxico y renovable, con destacadas

cualidades medioambientales (Policarpo *et al.*, 2013; Pintor *et al.*, 2013). Es potencialmente apto para el diseño de productos sostenibles, ya que puede mejorar el ciclo de vida y la eco eficiencia. El corcho tiene un gran potencial de aplicaciones (Mestre, 2015; Mestre y Vogtlander, 2013), sin embargo, sus usos están enfocados en sus propiedades funcionales en el ámbito de los materiales compuestos para la construcción, transportes, aeronáutica, mobiliario y aplicaciones tradicionales como tapones para vinos y otras bebidas (Fernandes, *et al.*, 2011; Sargianis *et al.*, 2012). Sus características físico-mecánicas lo convierten en un excelente material para el aislamiento térmico, absorción acústica y aislamiento de vibraciones (Gil, 2009; Gil, 2015). La

diversificación del mercado del corcho, podría estar centrada en el diseño de nuevos materiales con mayor valor estético y medioambiental, debido a las amplias posibilidades que ofrece (Sierra-Pérez *et al.*, 2016). Aprovechar los residuos de corcho como es el caso de los tapones de envases, constituye una solución amigable para el medioambiente.

La recopilación de datos fiables basada en estudios usuarios, es cada vez más necesaria para los profesionales del diseño. Materiales fabricados con residuos deben ser analizados desde el punto de vista de la calidad percibida, para conocer los niveles de aceptación emocional usuaria. Los mercados incrementan sus demandas relativas al desarrollo de productos que aseguren el ajuste personal, tanto físico como

psicológico, debido a la implicancia de estos aspectos en la proyección de éxito comercial (Kramer *et al.*, 2000; Yang, *et al.*, 2019; Pauw *et al.*, 2013; Desmet y Hekkert, 2007; Spinuzzi, 2005). Autores se han referido a la relevancia de estudio transcultural para explicar la influencia de las características del usuario vinculada a tipos de productos (Kim y Christiaans, 2012; Kim, 2014). Esta tipología de datos posibilita la reducción de experiencias negativas, ya que proporcionan una descripción estructurada de cuándo y cómo los usuarios con características particulares, se podrían ver enfrentados a dificultades para obtener una experiencia positiva (Hassenzahl, 2010). La globalización ha supuesto un cambio en la toma de decisiones de los diseñadores, respecto de las características estéticas y funcionales de los productos que proyectan insertar en los mercados. El desafío consiste en otorgar al producto un carácter cada vez más genérico, para complacer a la mayor diversidad cultural de consumidores, contexto en el que las consideraciones a variables demográficas cobran relevancia. Para investigaciones relativas a diseño de nuevos materiales se hace cada vez más indispensable integrar variables que permitan contrastar las percepciones de usuarios asociadas a la demografía (Næs *et al.*, 2010), debido a la implicancia que aspectos culturales tendrían sobre la experiencia usuaria y futuro éxito o fracaso de un producto en el mercado. La ingeniería Kansei es una importante herramienta que apoya el proceso proyectual y de toma de decisiones de los diseñadores. Es un término japonés que significa kan: sensación, sensibilidad, sentir, emoción y sei: sensitivo, sentidos, impresión, apreciación (Nagamachi, 2011); siendo la disciplina encargada de establecer las relaciones entre las emociones que un determinado material o producto genera en los seres humanos (Nagamachi, 1995; Nagamachi, 2002). Aplicado al ámbito de la investigación de

materiales emergentes, aporta en la definición de la percepción emocional asociada en un espacio de organización mental. La ingeniería Kansei se ha aplicado en otros ámbitos del diseño de productos para comprender las necesidades cognitivas y afectivas de las personas, como es el estudio de caso de diseño de teléfono móvil (Jiang *et al.*, 2015); diseños familiares, como la radio del automóvil y el teléfono celular (Khalid y Helander, 2004); casos de aplicación de ingeniería Kansei que demuestran que la selección de forma, color y superficie y textura es relevante para satisfacer las preferencias de las personas por los productos (Childs *et al.*, 2006; Tavares, Canciglieri *et al.*, 2021).

Enfoque Metodológico

El enfoque de la investigación está centrado en la experiencia de diseño de materiales emergentes en base a residuos de corcho en formato de tapones de envases de uso domiciliario y Poliuretano Termoplástico (TPU), para ofrecer a los diseñadores industriales soluciones aplicables a una nueva generación de productos sostenibles. Los materiales de corcho nuevos e innovadores deben ser conocidos y considerados por ingenieros, arquitectos, diseñadores y otros profesionales. En el área del diseño de productos, la sensibilidad medioambiental ha tenido gran impacto, el que se ve actualmente reflejado en todo el proceso de diseño. La elección del material adecuado y la forma de procesarlo tienen gran influencia en la sustentabilidad de un producto. A menudo se afirma que más del 80% de los impactos ambientales relacionados con un producto, se determinan durante su diseño. El ciclo de vida de todo producto industrial está determinado entre un 40% y 60%, por el impacto de los materiales de fabricación (Graedel *et al.*, 1995). El fenómeno de los materiales emergentes tiene su origen en el diseño de productos e incluye el diseño de

materiales, para generar nuevas experiencias y promover la sustentabilidad, impulsando el desarrollo del conocimiento, a través de propuestas aplicativas concretas. Los materiales emergentes ofrecen la oportunidad de lograr nuevas experiencias para los usuarios (Rognoli, 2015; Sauerwein *et al.*, 2017). Cuando se incorporan a los productos diarios, brindan la posibilidad de nuevas sensaciones, sentimientos y comportamientos, que juegan un papel crucial en su éxito comercial final. Diseñar nuevos materiales con enfoque en la experiencia usuaria, es una estrategia poderosa para introducirlos en la sociedad, a través de aplicaciones que tienen sentido. En este escenario, la creatividad es esencial para generar nuevas visiones eficientes. Es así como emergen materiales que proponen una alternativa sostenible a los materiales tradicionales, diversos a los conocidos (vidrio, metal, papel, madera y plástico), proponiendo nuevas experiencias o comportamientos en los usuarios (Karana *et al.*, 2015; Alarcón, 2021), a partir del desarrollo y experimentación basados la creación de prototipos (Barati *et al.*, 2019).

Material y Método

La experiencia investigativa se enfoca en la etapa 1 de la economía circular denominada ecodiseño, que consiste en incorporar criterios ambientales en la fase de concepción y desarrollo de cada producto, intentando la integración de medidas preventivas con el objetivo de disminuir los impactos ambientales en las diferentes fases de su ciclo de vida. Las etapas de producción, distribución, consumo, reparación/reutilización y reciclaje se abordarán en fases siguientes de la investigación. Se desarrollan las siguientes fases:

Ideación y desarrollo de prototipos

Los tapones de corcho derivados de envases de consumo de vino, son procesados para

conseguir dos tipos de gránulos (0.5 mm y 1.5 mm) para la elaboración de un revestimiento aplicado sobre tela blanca de algodón. El formato de los prototipos se define por el tamaño de la tela de 250 mm de ancho por un largo variable, ya que se trata de un rollo de tela que se instala en el equipo de recubrimiento Slot-Die Hot melt Coater. Para las pruebas de laboratorio se emplean residuos de TPU para conseguir adhesión de los gránulos de corcho y conformar el revestimiento. El TPU destaca por sus propiedades de alta elasticidad, traslucidez y durabilidad.

Ciclo de fabricación

El equipo de recubrimiento Slot-Die Hot melt Coater, se emplea con temperaturas que oscilan entre 220°C y 250°C, es alimentado por una extrusora de fusión en caliente a una temperatura de 190°C a 230°C y una presión de 25 bar. El prensado de las muestras se realizó en una prensa neumática calentada a 115°C, con una presión de 4 psi (libras por pulgada cuadrada), durante 15 a 30 segundos. Los formatos resultantes son sólidos autoestructurantes, con textura lisa o granulada en soporte de tela de algodón. El color del TPU como revestimiento es resultante de la mezcla de los residuos seleccionados (material 0, Tabla I).




Prototipos desarrollados

Se desarrollan tres tipos de prototipos. Material 0 para experimentar con diversos colores y apariencias visuales del TPU. Material 1 y 2 para experimentar con dos tipos de gránulos distintos de corcho (0,5 mm y 1,5 mm), usando TPU como ligante.

Caracterización usuaria

Instrumentos para la recogida de datos. Se definió un instrumento de recogida de datos, observando métodos provenientes de la ingeniería Kansei y la realización de grupos focales, también llamada

TABLA I
PROBETAS DESARROLLADAS

	Descripción	Composición del material	
Material 0	Brillante cuando se expone a la luz, superficie lisa y resistente al tacto	Soporte textil 100% algodón blanco y revestimiento TPU en diversos colores gama morados	 a
Material 1	Brillante cuando se expone a la luz, superficie lisa y resistente al tacto	Soporte textil 100% algodón blanco, revestimiento TPU + 10% corcho granulado de 0,5mm	 b
Material 2	Brillante cuando se expone a la luz, superficie rugosa y resistente al tacto	Soporte textil 100% algodón blanco y revestimiento TPU + 10% corcho granulado de 1,5mm	 c

Fuente: Archivo proyecto.

“entrevista colectiva” (Milton y Rodgers, 2013, p.70), para conocer la percepción de los participantes respecto de los materiales 1 y 2. Se implementó un cuestionario autoaplicado de recogida de datos con tablas con diferencial semántico, con opciones cuantificables, conformado por una escala de respuestas tipo Likert (Tabla II). Un apartado incluye datos demográficos de los entrevistados referidos a edad, nacionalidad y ocupación; mientras otro contiene preguntas estructuradas acorde a ejes semánticos, asociados a las valoraciones perceptuales. Se plantea la pregunta ¿Cuándo observas y tocas el material qué emoción del listado sientes y en qué magnitud? para un listado total de 10 emociones consultadas Suave/Áspero,

Mate/Brillante; Frio/Cálido, Fuerte/Débil; Rígido/Dúctil, Sustentable/Contaminante, Acogedor/Inhóspito, Atractivo/Repelente, Lujoso/Simple, Confortable/Incómodo. Además, se plantea la pregunta “Por favor, ¿podría proponer dos productos donde le gustaría ver este material?”

Procedimiento muestral

Se consideró una muestra no probabilística intencionada, seleccionando a expertos de Chile y Portugal, que estuvieran cursando posgrados del área diseño e innovación con enfoque en diseño de materiales sustentables. Este perfil de entrevistado se consideró adecuado para la investigación de carácter exploratorio. Es válido mencionar que ambos

programas de posgrado incluyen temáticas relativas al diseño de nuevos materiales sustentables y emergentes. Participaron 28 mujeres (66,6%) y 14 varones (33,4%), con promedio de edad de 25 años, con edades entre 21 y 36 años. Este método de selección permitió procurar apreciaciones con una perspectiva técnica-emocional equivalente en ambos países.

Metodología aplicada al desarrollo del grupo focal

El grupo focal se realizó en ambos países, en un espacio donde predominó el color blanco tanto en paredes como en el mobiliario, para proporcionar un ambiente neutro. El procedimiento se ejecutó en dos etapas:

Etapa 1: Dada la bienvenida a los entrevistados se presentaron los objetivos de la investigación; se entregó el cuestionario y los entrevistados respondieron teniendo la opción de ver y tocar los prototipos del material 1 y 2 durante 2 minutos; por último, se procede a recuperar los cuestionarios respondidos.

Etapa 2: Los participantes asistieron a una conversación grupal de 20 minutos, guiada por un investigador encargado. Esta dinámica permitió recabar y registrar nueva información perceptual emanada de los participantes (Villanueva *et al.*, 2013).

Valoración de datos

Los datos se cuantificaron haciendo uso de Microsoft Excel®. Consideró las frecuencias de respuestas, proporcionando resultados útiles para organizar los valores en orden jerárquico y realizar conclusiones en relación a las emociones seleccionadas. Se agruparon los resultados y gráficos, considerados como parte de los análisis regulares para las emociones sustentable, acogedor, atractivo, lujoso, confortable. Suave, mate; frío, fuerte; rígido, que son propiedades de los materiales, fueron descartadas a un segundo plano, ya que el campo aplicativo evidenciado en las respuestas de los participantes ante la pregunta “Por favor, podría proponer dos productos donde le gustaría ver este material?”, privilegia productos de uso cotidiano del tipo decorativo, tales como lámparas, esculturas, jarrones. Se realizó una valoración global de los componentes asimilados como variables asociados a las emociones percibidas y su jerarquización. Para la consideración demográfica nacionalidad (Portugal/Chile), se estimó la influencia asociada a la respuestas emitidas. El rango etario y el nivel de formación similar son aspectos en común entre los participantes y que se homologan para determinar los parámetros de la investigación.

TABLA II
DIFERENCIAL SEMÁNTICO CONTENIDO EN EL CUESTIONARIO

Cuando observas y tocas el material. ¿Qué emoción o impresión sientes y en qué magnitud?					
Material 1	Totalmente	Parcialmente	Neutral	Parcialmente	Totalmente
Suave					Áspero
Mate					Brillante
Frio					Cálido
Fuerte					Débil
Rígido					Dúctil
Sustentable					Contaminante
Acogedor					Inhóspito
Atractivo					Repelente
Lujoso					Simple
Confortable					Incómodo

Fuente: Archivo proyecto.

Resultados

La Tabla III muestra una síntesis de resultados porcentuales, para los dos materiales estudiados en Portugal y Chile relativos a una priorización de emociones identificadas como más relevantes en el ámbito aplicativo de productos decorativos. Se observa que la mínima diferencia porcentual es de 1 punto, correspondiendo al ítem sustentable del material 2. La máxima diferencia porcentual es de 8 puntos, en ítem “Atractivo” del material 1. Los resultados expresados en la Tabla III, muestran para el material 2 que el aspecto “Confortable” evidencia la mayor puntuación tanto 83% (Portugal) y 89% (Chile); seguida de “Sustentable” para el mismo material con una valoración 81% (Portugal) y 80% (Chile). El material 1 es igualmente bien valorado para el aspecto Sustentable con 81% (Portugal) y 78% (Chile); Confortable obtiene un 82% (Portugal) y un 78% (Chile). Para ambos materiales la emoción Atractivo es valorada en tercer lugar en relación a la totalidad. La emoción Lujoso corresponde a la valoración más inferior con un 42% (Chile) para el material 2. Respecto de la influencia del aspecto demográfico nacionalidad (Portugal/Chile), se estimó que no existen implicancias significativas asociadas a la percepción de los prototipos sometidos a estudio. Asociando las emociones mejor valoradas con las respuestas a propuestas aplicativas entregadas por los

participantes, se puede inferir que el ámbito aplicativo de productos decorativos preferidos debería ser trabajado a nivel de diseño para transmitir confortabilidad y la idea de sustentabilidad prioritariamente para ser atractivo para los usuarios.

Discusión

La reutilización del corcho en el ámbito del diseño de materiales emergentes es posible debido a su capacidad de adaptación a diversos gránulos, lo que permite definir revestimientos para objetos de uso cotidiano, con texturas lisas y rugosas al tacto. Lo interesante de su versatilidad recae también en los niveles de translucidez que es capaz de ofrecer a la percepción óptica, ampliando las posibilidades para que diseñadores de productos renueven sus propuestas (Figura 1). Es interesante encontrar en el diseño de materiales emergentes la oportunidad de reducir los niveles de contaminación, sin embargo, se requiere un plan de manejo de recursos para organizar una recolección de tapones de corcho a nivel de residuos domésticos de acuerdo con los estándares de reutilización. Los diseñadores podrán planificar este tipo de organizaciones e implementar nuevas acciones con empresas o comunidades generando proyectos de innovación social, donde el tratamiento de RSU podrá estar estandarizado. La experimentación basada en residuos para la generación de nuevos materiales, permite valorizar



Figura 1: Propuesta aplicativa del material desarrollado. Fuente: Archivo proyecto.

un recurso escasamente considerado, aportando ideas para la reducción de la generación de desechos. Las altas valoraciones emocionales de los entrevistados realizadas en el marco de la investigación, permiten asumir que este tipo de alternativas podrá implementarse en un futuro cercano. El diseño de materiales sostenibles es un requisito para crear nuevas soluciones, que integran los aspectos económicos, sociales y ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida. Los materiales sometidos a estudio permiten demostrar que no hay grandes diferencias perceptuales en cada uno de los países, por lo que la variable demográfica no reviste relevancia para este caso.

Conclusión

Convertir los residuos en un recurso es una parte esencial para cerrar el ciclo en una economía circular, para lo que se requiere mejorar las prácticas de gestión de residuos y de diseño de materiales. Existe una vinculación estratégica entre diseño y sustentabilidad para reducir los impactos del uso masivo de materiales contaminantes. El diseño de materiales emergentes fomenta una economía circular, centrada en los flujos de materiales para reutilizar los recursos,

promoviendo sinergias entre sectores económicos y estimulando las cadenas de valor. El corcho es un material ampliamente usado para fabricar tapones para envases en la industria del vino. La reutilización de residuos de corcho, integrando principios de sustentabilidad y economía circular es indispensable en la búsqueda de alternativas sostenibles y la creación de nuevas oportunidades de mejora y diversificación. En este estudio, se comprobó que la posibilidad de conformar revestimientos con gránulos de corcho en dos gramajes diversos es posible. Esta solución permite el desarrollo de materiales de alto potencial que puede ser aplicados en múltiples áreas del diseño de productos. El estudio usuario permitió conocer aspectos de calidad percibida, basado en ingeniería Kansei y las emociones sustentable, acogedor, atractivo, lujoso, confortable. Las valoraciones usuarias son positivas respecto de los prototipos desarrollados y permiten prospectar aplicaciones en productos de uso cotidiano que podrían estar en contacto visual y táctil con los usuarios. Crear valor es una de las misiones estratégicas del diseño, incorporar la diferenciación y nuevos productos sustentables, enfoque coherente con las cualidades de un material natural,

TABLA III
PORCENTAJE DE ACEPTACIÓN POR CRITERIO
CONSIDERANDO LAS VALORACIONES SEGÚN PAÍS

Aspecto	Material 1		Material 2	
	Portugal (%)	Chile (%)	Portugal (%)	Chile (%)
Sustentable	81	78	81	80
Acogedor	67	62	68	56
Atractivo	70	62	78	81
Lujoso	46	39	45	42
Confortable	82	78	83	89

Fuente: Archivo proyecto.

renovable, reciclable, no tóxico y duradero que se regenera en la corteza del árbol sin necesidad para cortarlo como es el corcho. Proyectar el uso del corcho en una dimensión en que el diseño y la innovación aportan una nueva gama de materiales, es igualmente relevante para reposicionar la oferta de esta industria. La eficiencia de la cadena de conocimiento del sector dependerá de la investigación, el desarrollo asociado a la creatividad y el diseño, proyectando al corcho en su estado de residuo o natural hacia ámbitos aplicativos escasamente explorados.

AGRADECIMIENTOS

Las autores agradecen a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID), a través del proyecto de investigación FONDECYT REGULAR código 1221361.

REFERENCIAS

Alarcón J (2021) Diseño de materiales emergentes desde un enfoque basado en la naturaleza. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación* 149: 223-235.

Ashby M (2012) *Materials and the environment: eco-informed material choice*. Elsevier. 628 pp.

Barati B, Karana E, Hekkert P (2019) Prototyping Materials Experience: Towards a Shared Understanding of Underdeveloped Smart Material Composites, Special Issue on Alive Active Adaptive. *International Journal of Design* 13: 21-38.

Childs T, Agouridas V, Barnes C, Henson B (2006) Controlled appeal product design: a life cycle role for affective (Kansei) engineering. *Proceedings of LCE2006*. 537-542.

Desmet P, Hekkert P (2007) Framework of product experience. *International Journal of Design* 1: 57-66.

Fernandes E, Correló V, Chagas J, Mano J, Reis R (2011) Properties of new cork-polymer composites: advantages and drawbacks as compared with commercially available fibreboard materials. *Composite structures* 93: 3120-3129.

Giaccardi E, Karana E (2015) Foundations of materials experience: An approach for HCI. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2447-2456. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702337>

Gil L (2009) Cork composites: A review. *Materials* 2: 776-789.

Gil L (2015) New cork-based materials and applications. *Materials* 8: 625-637.

Graedel T, Comrie P, Sekutowski J (1995) Green product design. *AT&T Technical Journal* 74: 17-25.

Hassenzahl M (2010) Experience design: Technology for all the right reasons. *Synthesis Lectures on Human-Centered Informatics* 3: 1-95.

Hoorweg D, Bhada-Tata P (2012) *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Urban development series; knowledge papers no. 15. World Bank, Washington DC, EEUU. 116 pp.

Hoorweg D, Bhada-Tata, P, Kennedy C (2013) Environment: Waste production must peak this century. *Nature News* 502: 615-617.

Jiang H, Kwong C, Liu Y, Ip W (2015) A methodology of integrating affective design with defining engineering specifications for product design. *International Journal of Production Research* 53: 2472-2488.

Khalid H, Helander M (2004) A framework for affective customer needs in product design. *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 5: 27-42.

Karana E, Nimkulrat N, Giaccardi E, Niedderer K, Fan JN (2019) Alive. Active. Adaptive: Experiential knowledge and emerging materials. *International Journal of Design* 13: 1-5.

Karana E, Pedgley O, Rognoli V, Korsunsky A (2016) Emerging material experiences. *Materials & Design* 90: 1248-1250.

Karana E, Pedgley O, Rognoli V (2015) On materials experience. *Design Issues* 31: 16-27.

Kim C (2014) User characteristics and behavior in operating annoying electronic products. *International Journal of Design* 8: 93-108.

Kim C, Christiaans H (2016) The role of design properties and demographic factors in soft usability problems. *Design Studies* 45: 268-290.

Kramer J, Noronha S, Vergo J (2000) A user-centered design approach to personalization. *Communications of the ACM* 43: 44-48.

Lefteri C (2007) *Materials for Inspirational Design*. Rockport Publishers, East Sussex, Reino Unido. 256 pp.

Mauch C (2016) Out of Sight, Out of Mind: The Politics and Culture of Waste, *RCC Perspectives: Transformations in Environment and Society* 2016, no. 1.

Mestre A (2015) A design action intervention approach in the cork industry towards sustainable product innovation. *Journal of Design Research* 13: 185-235.

Mestre A, Vogtlander J (2013) Eco-efficient value creation of cork products: an LCA-based method for design intervention. *Journal of Cleaner Production* 57: 101-114.

Milton A, Rodgers P (2013) *Métodos de Investigación para el Diseño de Producto*. Blume, Barcelona, España. 70 pp.

Nagamachi M (2011) Kansei/affective engineering and history of Kansei/affective engineering in the world. *Kansei/affective engineering* 13: 1-12.

Nagamachi, M. (2002) Kansei engineering as a powerful consumer-oriented technology for product development. *Applied ergonomics* 33: 289-294.

Nagamachi M (1995) Kansei engineering: a new ergonomic consumer-oriented technology for product development. *International Journal of industrial ergonomics* 15: 3-11.

Næs T, Lengard V, Johansen S, Hersleth M (2010) Alternative methods for combining design variables and consumer preference with information about attitudes and demographics in conjoint analysis. *Food Quality and Preference* 21: 368-378.

Pauw I, Karana E, Kandachar P (2013) Cradle to cradle in product development: A case study of closed-loop design. In *Re-engineering manufacturing for sustainability*. Springer, Singapur. pp. 47-52.

Pedgley O, Rognoli V, Karana E (2021) Expanding territories of materials and design. In *Materials Experience* 2, Butterworth-Heinemann, pp. 1-12.

Pintor A, Silvestre-Albero A, Ferreira C, Pereira J, Vilar V, Botelho C, Rodríguez F, Boaventura R (2013) Textural

and surface characterization of cork-based sorbents for the removal of oil from water. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 52: 16427-16435.

Policarpo H, Diogo A, Neves M, Maia N (2013) A note on the estimation of cork composite elasto-dynamic properties and their frequency dependence. In *Proceedings of International Conference on Structural Engineering Dynamics*, Sesimbra, Portugal. Vol. 12.

Rognoli V, Anselmi L, Poblete, S (2022) Materiales alternativos emergentes. Un enfoque de diseño sostenible. Cuadernos del centro de estudios en diseño y comunicación. *Ensayos* 166: 123-132.

Rognoli V (2015) Dynamic and imperfect as emerging material experiences. A case study. En *Design and Semantics of Form and Movement (DeSForM 2015): Aesthetics of Interaction: Dynamic, Multisensory*. Wise pp. 66-76.

Sargianis J, Kim H, Suhr J (2012) Natural cork agglomerate employed as an environmentally friendly solution for quiet sandwich composites. *Scientific Reports* 2: 1-6.

Sauerwein M, Karana E, Rognoli V (2017) Revived beauty: research into aesthetic appreciation of materials to valorise materials from waste. *Sustainability* 9: 529.

Sierra-Pérez J, López-Forniés I, Boschmonart-Rives J, Gabarrell X (2016) Introducing eco-ideation and creativity techniques to increase and diversify the applications of eco-materials: The case of cork in the building sector. *Journal of Cleaner Production* 137: 606-616.

Smol M, Kulczycka J, Avdiushchenko A (2017) Circular economy indicators in relation to eco-innovation in European regions. *Clean Technologies and Environmental Policy* 19: 669-678.

Spinuzzi C (2005) The methodology of participatory design. *Technical Communication* 52: 163-174.

Tavares D, Cancigliieri Junior O, Guimarães L, Rudek M (2021) A Systematic Literature Review of Consumers' Cognitive-Affective Needs in Product Design From 1999 to 2019. *Frontiers in Neuroergonomics* 1: 617799.

Yang B, Liu Y, Liang Y, Tang M (2019) Exploiting user experience from online customer reviews

for product design. *International Journal of Information Management* 46: 173-186.
Vego G, Kučar-Dragičević S, Koprivanac N (2008)

Application of multi-criteria decision-making on strategic municipal solid waste management in Dalmatia, Croatia. *Waste management* 28: 2192-2201.

Villanueva J, Sampedro A, de Ávila I, González D (2013) *Aplicación de técnicas de ingeniería afectiva, micromecanizado y fabricación aditiva al diseño de*

texturas capaces de transmitir sentimientos y emociones predefinidas. Fundación Prodinte, Gijón, España.