

Micro-visualización del residuo vegetal de Especies Exóticas Invasoras (EEI) como materia papelera y su aplicación en la estampación artístico-gráfica

Antía Iglesias, antia.iglesias@uvigo.gal,
Universidade de Vigo,
<https://orcid.org/0000-0003-1457-725X>;
Ana Soler Baena, anasolerbaena@gmail.com,
Universidade de Vigo,
<https://orcid.org/0000-0001-6216-5677> //
Recepción: 06/07/2023, Aceptación: 10/11/2023,
Publicación: 11/12/2023

Resumen

Este estudio reflexiona sobre la práctica consciente del arte gráfico proponiendo el aprovechamiento del residuo vegetal de especies exótico-invasoras para la elaboración descentralizada de papel. Se investigan sus propiedades técnicas y su aplicabilidad en la estampación artística. Se ha empleado un enfoque teórico-práctico que visualiza el potencial de la imagen microscópica. El estudio se centra en el análisis de tres EEI cuyo residuo se utiliza como fuente de celulosa. Las tres EEI seleccionadas fueron recolectadas en el bosque de ribera del río Umia, Pontevedra. Estos soportes fueron sometidos a tres pruebas gráficas: corte láser, estampación xilográfica y de fotograbado. Los resultados, visuales y técnicos, permiten comprender sus características físico-mecánicas e idoneidad para la elaboración de imágenes artísticas.

Palabras clave

Micro-visualización; celulosa; residuo EEI; diseño consciente; arte-ciencia; arte gráfica contemporánea

Micro-visualization of the residual biomass from Invasive Alien Species (IAS) as pulp material and its application in contemporary artistic-graphics

Abstract

This study reflects on the conscious practice of graphic art by proposing the utilization of vegetal residue from exotic invasive species for decentralized paper production. The technical properties of this residue and its applicability in artistic printing are investigated. A theoretical practical approach has been employed to visualize the microscopic image potential. Three selected IAS were collected in the riverbank area of Umia River, Ribadumia, Pontevedra. Papers made from those species were tested with laser cutting, xilography and photoengraving printing. The visual and technical results provide an understanding of their physical-mechanical characteristics and suitability for creating artistic images.

Keywords:

Micro-visualization; cellulose; IAS residue; conscious design; art-science; contemporary graphic art

Introducción

La nueva realidad ecológica, fruto de una situación climática inestable exige un cambio en la relación establecida entre el ser humano y la naturaleza. Esto deriva, de forma directa en la necesidad de un cambio de paradigma que desemboque en la evolución de una nueva manera de producir el arte y el diseño, al mismo tiempo que esto incide directamente en una nueva forma de crear/fabricar más consciente, responsable y sostenible.

Este proceso de adaptación y cambio se inició hace años con la formulación de nuevas teorías filosóficas, dinámicas sociológicas y metodologías de trabajo creativo como el 'diseño consciente', el 'slow design', la 'co-creación', la 'eco-creación'... todos ellos términos que surgen de una misma idea, la priorización del medioambiente y la adaptación de la creación a los sistemas actuales sostenibles para establecer en una relación horizontal con el mundo natural. Estas dinámicas se encuentran cada vez más presentes en nuestra contemporaneidad ya que distintos creativos del diseño o creadores de arte, abrazan la posibilidad de mantener una obra producida acorde a las necesidades del planeta 'nature-centre design' y no únicamente a las del ser humano 'human-centre design'.

Diseño consciente: Arte y sostenibilidad en el campo de la gráfica contemporánea

Victor Papanek nos recuerda que el diseño tiene que ver con la responsabilidad social y ambiental. Su objetivo principal debe ser mejorar la calidad de vida de las personas y proteger el planeta (Papanek, 1971). De igual manera que Alastair Fuad-Luke puntualiza que 'el diseño consciente no solo se trata de crear objetos, sino de diseñar sistemas y procesos que sean regenerativos y promuevan la armonía entre las personas y la naturaleza' (Fuad-Luke, 2009).

Según esta corriente, el arte y el diseño deben usar su potencial y, a la vez que el objeto-mensaje es elaborado de manera sostenible, puede ser aprovechado, debido a su influencia y capacidad comunicativa, como una herramienta de concienciación hacia el cambio positivo.

En esta ocasión proponemos un estudio que abarca ambos campos: la posibilidad de creación sostenible a través del uso de materiales bio-compostables a partir de la reutilización de residuos orgánicos y la utilización de su micro-universo como herramienta de concienciación, visibilización y promoción de la compenetración con la naturaleza. Se propone aportar la visión inédita del micropaisaje del papel de origen vegetal ge-

nerado a partir del residuo de Especies Exóticas Invasoras (EEI), para ofrecer este conocimiento en profundidad al sector creativo. Este viaje a través del microcosmos nos hace reflexionar sobre las posibilidades y relaciones existentes entre la definición y creación de imágenes complejas a partir de la estampación artística. De igual modo es nuestra intención mostrar y evidenciar empíricamente la vinculación directa de los materiales que utilizamos para la creación con el mundo en el que habitamos. Por ello consideramos interesante y pertinente visualizar y concretar a través de dichas imágenes microscópicas, la dimensión tangible de la sostenibilidad y su vinculación directa con los proyectos creativos¹, para concluir en la definición de este trabajo de investigación como una fuerte herramienta de concienciación climática.

Bio-soportes en una situación de crisis climática: Las EEI como recurso material y gráfico

Las EEI o Especies Exóticas Invasoras son aquellos organismos, plantas, animales u otros, que se introducen de forma accidental o deliberada en una zona fuera de su hábitat natural y cuya capacidad de adaptación y expansión, pone en riesgo la biodiversidad de la zona afectada. Estas especies son un síntoma del comportamiento humano vinculado a la globalización, las relaciones de poder y las colonizaciones. Debido a estas actividades propias de la era geológica en la que habitamos, el Antropoceno, es necesario llevar a cabo un control y gestión adecuada de dichas especies para ayudar a preservar la salud de los ecosistemas, manteniendo la diversidad biológica de la biorregión y evitando así la pobreza ecológica.

Debido a la presencia humana y a su interacción a nivel global, a lo largo del continente europeo y en Galicia en particular, las EEI forman parte de casi todos los ecosistemas contemporáneos, reduciendo los bosques primarios de forma considerable y llegando incluso a su desaparición (Romero Buján, 2007). Estos bosques originarios, ya desaparecidos, dictaminan hoy en día la base de referencia para la viabilidad ecológica y su variedad y, entendiendo la naturaleza como un movimiento constante y evolutivo, se propone el bosque contemporáneo como una evolución o readaptación del mismo, fruto de la interacción inter-especie a lo largo de los siglos. Sin embargo,

1. A lo largo de este estudio, el sector creativo y gráfico es entendido de manera transversal, desde las prácticas artísticas hasta la comunicación, marketing o la edición editorial. En esta ocasión, el estudio fue realizado específicamente para la práctica gráfica artística, la estampación manual y el grabado.

se busca limitar la presencia de las EEI a través de formas de gestión del territorio, procurando reducir el impacto ya causado por la mano del hombre.

Diversas metodologías de control de la población arbórea de una zona consisten en la retirada paulatina y constante, cíclica, de las especies alóctonas cuya población no se encuentre controlada. De estas acciones, deriva un residuo orgánico que, en este caso, es el punto material de partida para este estudio.

Se propone como estudio de caso, el residuo derivado de ciertas EEI localizadas en el bosque de ribera del río Umia, en Ribadumia (Pontevedra, España), en un tramo limitado a 2 km. Dicho material se establece como fuente de material primario al mismo tiempo que es motivo de inspiración para vincular de forma directa el mundo natural y la creación artístico-gráfica. Producto natural-materia prima / producción de soporte / creación obra de arte múltiple producida en el mismo territorio.

En este proceso de crecimiento, producción y elaboración, el material derivado, orgánico y biocompostable, permite además de su reutilización misma, visibilizar los ciclos de nacimiento-muerte del reino vegetal, haciendo plausible una realidad comúnmente invisible a nuestros ojos.

Su calidad gráfica y comunicativa propone la reflexión sobre lo efímero del material como ejemplificación de los sistemas circulares naturales, ciclo que puede ser extrapolable al ámbito creativo.

Desarrollo

Las Especies Exóticas Invasoras seleccionadas

El presente estudio se ha desarrollado en una zona de acción determinada, basada en el estudio desarrollado por (Bermúdez & Abilleira, 2015). Este territorio consiste en una vía pedestre en el cual la vegetación se encuentra limitada a las laderas del camino, paralelo al río (Iglesias et al, 2023). Es por esta condición de domesticación de la naturaleza que, en esta zona particular, el control de las EEI presentes se lleva a cabo con una retirada constante a lo largo del tiempo. Los territorios no invadidos por estas especies muestran flora local, autóctona, que cohabita con aquellos seres vivos que transitan su espacio.

Tras una primera toma de contacto se determinaron tres EEI de relevancia: *Arundo donax*, *Tradescantia fluminensis* y *Eucalyptus globulus*.

Arundo donax. Conocida como caña común, caña de indias o caña de castilla entre otras denominaciones, es una planta herbácea, de la familia *Poaceae*, cuyo hábitat originario se encuentra en

el este asiático. Introducida en Europa Occidental a través de las rutas comerciales en el s. XVI como planta ornamental (Corno et al, 2014). Debido a su facilidad de reproducción mediante rizomas y a su alta capacidad de adaptación, se calcula que está presente en gran parte del territorio español y además de estar incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, es considerada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) como una de las 100 especies de animales o plantas más peligrosas a nivel de invasión y alteración de áreas colonizadas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

Tradescantia fluminensis. Comúnmente conocida como amaranta trepadora, oreja de gato o amor de hombre, la *tradescantia fluminensis* es una EEI herbácea perenne de la familia *Commelinaceae* (Standish et al, 2001). Natural de ambientes sombríos, húmedos y abrigados, esta especie es originaria de América del Sur, desde el sureste de Brasil hasta Argentina. Su presencia en España está datada desde finales del s. XIX a principios del XX, siendo introducida por su apariencia atractiva y su capacidad para crecer en territorios sombríos. Es, sin embargo, al poco tiempo cuando su crecimiento con tendencia expansiva deja atrás los jardines e invade otros territorios cercanos a las costas, los bosques de baja altitud y las laderas de los ríos, así como en los ambientes antrópicos tales como las cunetas húmedas, pies de los muros... aquellos espacios donde la mano del hombre no actúa (Míguez et al, 2022). Se encuentra recogida desde el 2013 en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

Eucalyptus globulus. Conocida ampliamente como eucalipto azul, esta especie no se encuentra reconocida en la actualidad como EEI en España, si no como especie alóctona, pese a que sus características biológicas y su impacto ecológico cumplen los rasgos fundamentales para ser considerada como tal. Originaria de Australia y Tasmania, este árbol de rápido crecimiento fue introducido en Europa en el s. XIX con fines comerciales y forestales. Sin embargo, su capacidad de adaptación, así como la capacidad ignífuga, rápido crecimiento y expansión han provocado su inclusión en la lista de EEI en muchos lugares (Di Marco, 2015). Su madera ha sido utilizada asiduamente en la industria papelera, para la producción de pulpa, lo que contribuye a la reticencia de las entidades locales a su consideración oficial como EEI, pudiendo mientras ser utilizada como recurso maderero y para la reforestación de zonas quemadas o degradadas.

Especie	Partes empleadas		Humedad	
	<i>Arundo donax</i>	Hoja	Tallo	70.12%
<i>Eucalyptus globulus</i>	Hoja	Corteza	78.89%	77.54%
<i>Tradescantia fluminensis</i>	Completa			

Figura 1. Tabla de la materia empleada y su porcentaje de humedad tras la extracción de la lignina

Es, sin embargo, una especie cuyo monocultivo causa grandes consecuencias negativas para los ecosistemas locales. Siendo capaz de desplazar a la flora autóctona, reduce la biodiversidad de las zonas habitadas y altera los ciclos naturales. Sus hojas tienen una serie de compuestos químicos volátiles que, debido a su acidez, alteran la composición de los suelos evitando el crecimiento de la flora local.

Potencialidades papeleras del residuo: una elaboración descentralizada

Debido a la alta presencia de estas especies en los ecosistemas españoles y concretamente en áreas de bosque de ribera de Galicia, su gestión produce anualmente grandes cantidades de biomasa, generalmente destinadas a la quema. Esta quema de residuos contribuye notablemente a la contaminación ambiental, afectando a la flora autóctona y a la población de las zonas afectadas. Es por ello por lo que se propone el aprovechamiento de dicho residuo, tras su extracción, como fuente de celulosa para la elaboración de papel destinado al ámbito de la creación en general y de las artes gráficas en particular.

De esta manera, se ha estudiado la viabilidad del uso de aquellas partes de estas especies vegetales que generalmente no son aprovechadas, tallo, hojas y corteza, para la elaboración de papel de forma no industrializada.

Parte de este estudio ha sido realizado en el laboratorio de Química de la Madera de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad de Vigo, en el campus de Pontevedra, Galicia, España. Gracias al acceso a este laboratorio se pudo llevar a cabo la fabricación del papel a través de medios estandarizados que, manteniendo una metodología de investigación científica con integración de las normas ISO y UNE específicas para *papel y pastas*, propició la comparativa de las propiedades de este material, con aquellos productos fabricados a partir de pasta de papel comercial.

Como podemos observar en la Figura 1, de la especie *Tradescantia fluminensis* se pudo utilizar la planta completa tratando de forma indiferente el tallo y las hojas. El *Arundo donax* pudo ser separa-

do en tallo y hojas, encontrando propiedades diferentes para cada parte de su anatomía. Finalmente, del *Eucalyptus globulus* se utilizaron aquellas partes generalmente descartadas en la industria papelera, la corteza y las hojas.

Como nos explica el maestro papelero Juan Barbé en *Las plantas y su papel, 102 receta papeleras*, “el papel se define como una hoja delgada formada por fibras vegetales de celulosa previamente hidratadas, que se encuentran entrelazadas” (Barbé, 2017). A pesar de la indicación de Barbé, todo material vegetal, aún sin contar con composición fibrosa (enlaces), puede ser utilizado para la elaboración del papel. A diferencia del papel a partir de materiales fibrosos, en donde las conexiones de la materia se establecen a través de fibras, en aquellos papeles elaborados con otros materiales, sus conexiones pueden ser a través de enlaces. Esta diferencia entre fibras y enlaces, que podremos posteriormente observar de forma gráfica, permite al papel tener diferentes propiedades físicas.

La utilización del residuo agrario, así como el residuo doméstico en forma de tejidos y trapos, se remonta a los inicios de la elaboración artesanal del papel. Sin embargo, cuando se introduce la fabricación industrializada a partir del papel continuo, comienzan a buscarse recursos en grandes cantidades, procurando una producción encajonada y continuada de la que extraer beneficio económico.

El papel es uno de los puntos críticos en la creación artístico-gráfica que pone en cuestión nuestra relación con el medio ambiente. Funcionando como soporte e introduciendo sus propias características físicas dentro de las propiedades estéticas, comunicativas y poéticas de la pieza, se comprende como una pieza fundamental dentro de la creación (Soler & Castro, 2006). Por otro lado, podemos afirmar que, en este momento, la industria papelera supone uno de los mayores retos medioambientales de la producción material, junto con la industria textil. La modificación del entorno natural, la proliferación de los monocultivos y la gestión de las aguas negras derivadas del proceso de eliminación de la lignina de la materia



Figura 2. Imágenes de lupa óptica Nikon ZMS1500. De izquierda a derecha: *Arundo donax* hoja, *Arundo donax* tallo, *Eucalyptus globulus* corteza, *Eucalyptus globulus* hoja, *Tradescantia fluminensis*. De arriba abajo: Materia natural sin transformaciones x0.75, Materia natural sin transformaciones x10, Materia sin lignina desfibrada x4, Materia papel x0.75 y Materia papel x10.

prima son algunos de los puntos más conflictivos en la producción papelera. Estos aspectos contribuyen notablemente a una reducción de la biodiversidad local, así como la contaminación de las zonas colindantes a la industria. Una gestión responsable y sostenible de los residuos e innovación con la materia prima destinada a la fabricación de papel pueden derivar en una producción más consciente y ecológica. Por este motivo, creemos pertinente y necesario plantear nuevos soportes artesanales, de fabricación local y sostenible que además de contribuir de manera novedosa a nivel plástico, formal o visual, añadan una carga crítica a la creación.

Por otro lado, si atendemos al propio proceso de la fabricación del papel, debemos recordar que, tras la recolección pautada de la materia prima, ésta debe ser desprovista de lignina. Este compuesto actúa como un pegamento que, pa-

radójicamente, de no ser retirado, no permite la formación de la hoja de papel. Para ello, la materia se cuece con sosa cáustica y el líquido residual es filtrado y guardado para su posterior neutralización con serrín y su utilización como compost.

Para la elaboración del papel en el laboratorio se tuvo acceso al siguiente material técnico: desfibrador en húmedo, refinador PFI, formador de hojas en tubo y soportes de secado circulares. Tras su utilización, el papel resultante, prensado, está listo para ser analizado y visualizado (figura 2).

Técnicas gráficas seleccionadas para su estudio en relación con los nuevos bio-soportes

Es importante entender el proceso de fabricación del papel para poder realizar un análisis técnico del mismo y reflexionar sobre su posterior potencialidad como material-soporte de obras artísticas. Una vez que los papeles son observados de forma in-

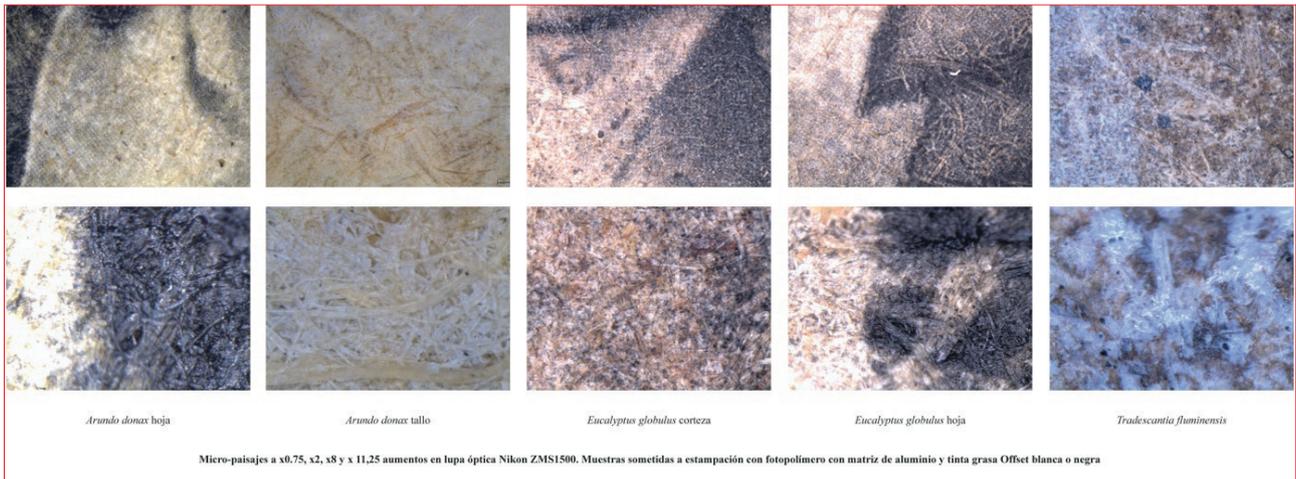


Figura 3. Imágenes de lupa óptica Nikon SMZ1500 de los diferentes papeles estampados con fotograbado y tinta comercial grasa. De izquierda a derecha: *Arundo donax* hoja, *Arundo donax* tallo, *Eucalyptus globulus* corteza, *Eucalyptus globulus* hoja, *Tradescantia fluminensis*. De arriba abajo: Aumentos x0.75 y x11.25

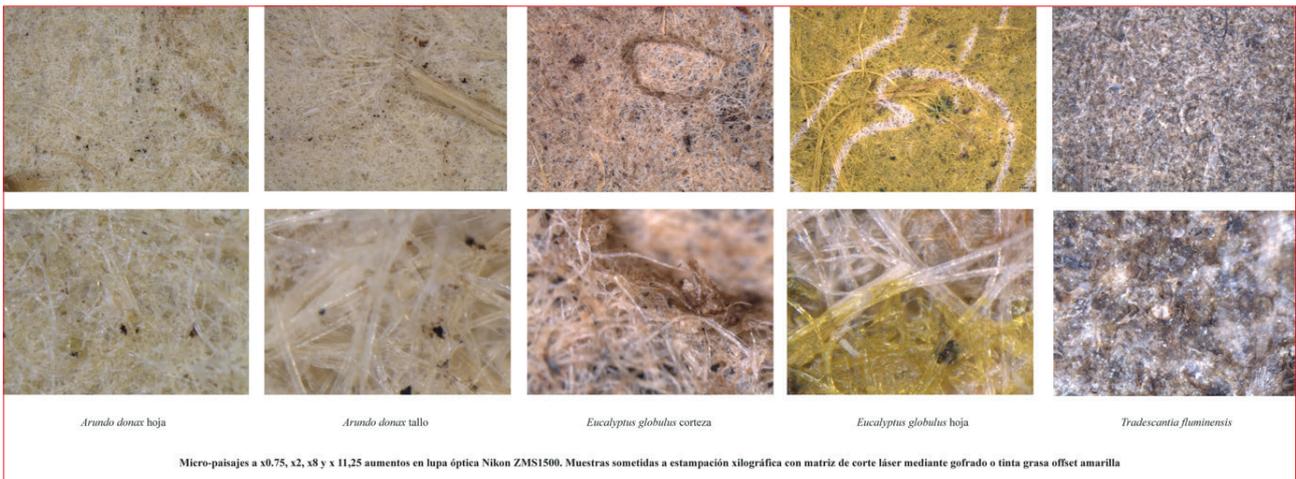


Figura 4. Imágenes de lupa óptica Nikon SMZ1500 de los diferentes papeles estampados con xilografía en gofrado o con tinta comercial grasa. De izquierda a derecha: *Arundo donax* hoja - gofrado, *Arundo donax* tallo - gofrado, *Eucalyptus globulus* corteza - gofrado, *Eucalyptus globulus* hoja - tinta offset amarilla, *Tradescantia fluminensis* - tinta offset blanca. De arriba abajo: Aumentos x0.75 y x11.25

dividual, pudiendo comprender los diferentes estados de la materia antes de su conformación como material, estos son sometidos a diversas técnicas gráficas para poder analizar su respuesta a las mismas. Estas técnicas seleccionadas son: Fotograbado sobre matriz de aluminio, Xilografía con corte láser sobre matriz de contrachapado de pino, ambas técnicas estampadas con tinta comercial de base grasa Offset, en donde también se puede observar la respuesta del papel al aceite y Corte láser directo sobre el material.

El fotograbado sobre matriz de aluminio consiste en una técnica gráfica de estampación manual que permite transferir una imagen fotográfica

impresa sobre un soporte en transparencia, a una matriz de aluminio foto-sensibilizada.

La xilografía, a diferencia del fotograbado, consisten en la talla directa de la imagen sobre la matriz de madera. En esta ocasión en lugar de emplear una gubia, la imagen se genera a partir del uso de una máquina de corte láser que graba sobre la superficie la imagen digital.

Finalmente, el corte láser consiste en el empleo de una máquina equipada por un láser óptico, es decir una luz concentrada que utiliza el calor para quemar la superficie de contacto, grabando el diseño o dibujo deseado. Según la potencia, intensidad y velocidad pautadas, esta ablación ge-

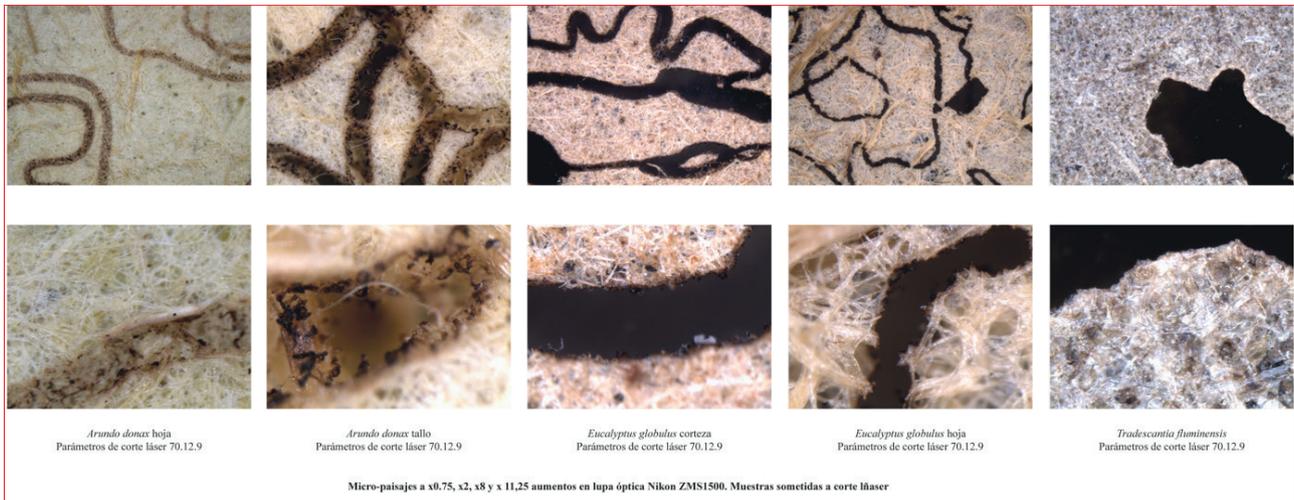


Figura 5. Imágenes de lupa óptica Nikon SMZ1500 de los diferentes papeles sometidos al corte-grabado láser con los parámetros 70. 12. 9. *Arundo donax* hoja, *Arundo donax* tallo, *Eucalyptus globulus* corteza, *Eucalyptus globulus* hoja, *Tradescantia fluminensis*. De arriba abajo: Aumentos x0.75 y x11.25

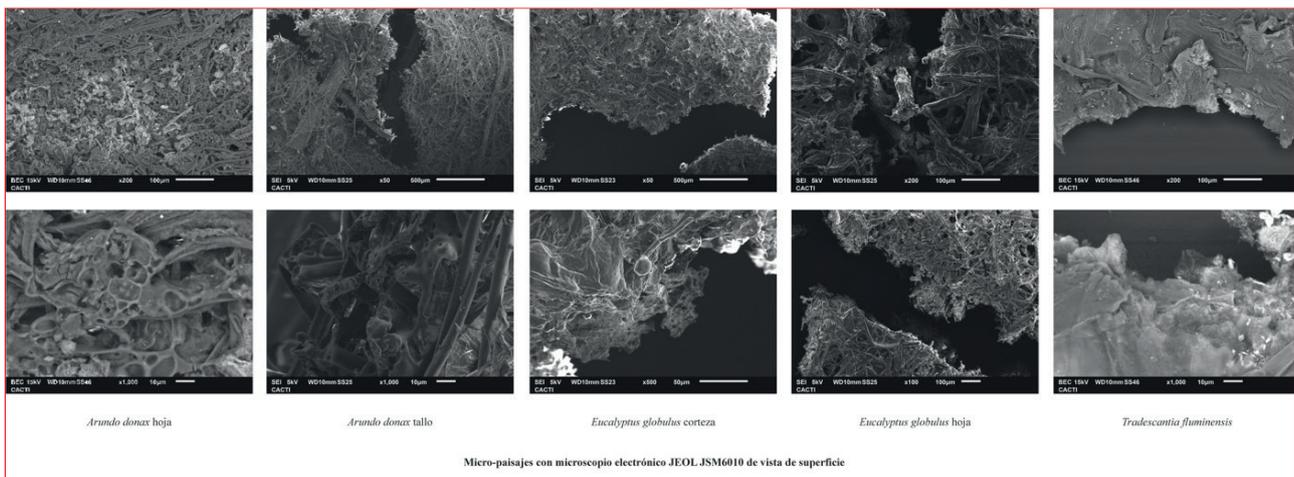


Figura 6. Imágenes de microscopio electrónico JEOL JSM6010 en vista de superficie de los papeles, sometido al corte-grabado láser. De Izq. a der. *Arundo donax* hoja, *Arundo donax* tallo, *Eucalyptus globulus* corteza, *Eucalyptus globulus* hoja, *Tradescantia fluminensis*.

nera una incisión o un grabado sobre el soporte.

La selección de las tres técnicas se debe a la diferencia de posibilidades que aportan. Así como el fotograbado permite la reproducción de una imagen fotográfica, obteniendo un amplio rango de grises o tonos intermedios, la xilografía nos proporciona líneas rectas, límites claros que nos permiten observar cómo el papel recoge dichas fronteras y desniveles. El corte láser, por otro lado, nos remite a la capacidad de resistencia al calor del material, la limpieza del quemado y, en consecuencia, su capacidad de definición. A continuación, en las figuras 3, 4 y 5 se puede observar la respuesta de los diferentes papeles a las diferentes técnicas.

Apoyos técnicos y tecnológicos para las aproximaciones al microcosmos del papel

Para poder llevar a cabo la observación de los micropaisajes presentes en la estructura interna del papel se contó con la colaboración del Centro al Apoyo Científico-Técnico a la Investigación (CACTI) ubicado en el campus de Vigo de la Universidad de Vigo. En este laboratorio y de mano de los técnicos especializados, se pudo utilizar el microscopio electrónico

JEOL JSM6010 y la lupa óptica Nikon SMZ1500.

El microscopio electrónico JEOL JSM6010 es un instrumento de alta tecnología utilizado para la

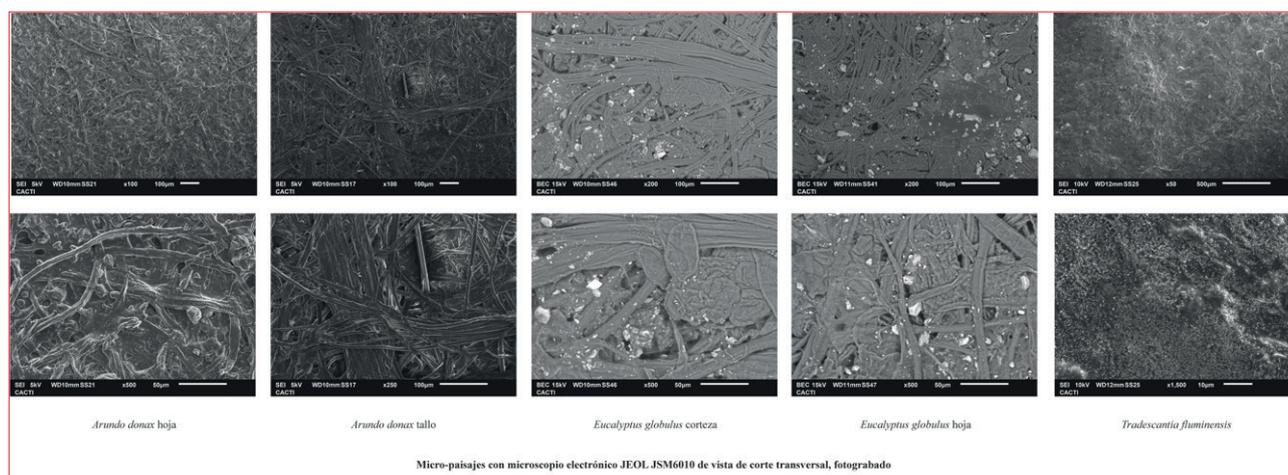


Figura 7. Imágenes de microscopio electrónico JEOL JSM6010 en vista de superficie de los papeles, sometido a la estampación con fotopolímero. De Izq. a der. *Arundo donax* hoja, *Arundo donax* tallo, *Eucalyptus globulus* corteza, *Eucalyptus globulus* hoja, *Tradescantia fluminensis*.

visualización y análisis detallado de muestras a nivel microscópico. A diferencia de los microscopios ópticos convencionales, que utilizan luz visible, el microscopio electrónico utiliza un haz de electrones para iluminar la muestra y generar imágenes de alta resolución. La muestra, ya tratada y preparada previamente, se coloca en una cámara de vacío para evitar la dispersión de los electrones. A continuación, se enfoca el haz de electrones de forma que interactúe con la muestra, mediante lentes electromagnéticas de alto voltaje. Éstos, al golpear la muestra, interactúan con los átomos de esta. Esta interacción genera señales en forma de electrones retrodispersados, electrones secundarios y rayos X que se recopilan y procesan para crear una imagen detallada de la muestra, que se traduce en una imagen digital y en un análisis compositivo mediante espectroscopía (Renau-Piqueras & Faura 1994).. Esto permite observar la composición de la muestra a analizar mediante mediciones topográficas y mapas de distribución en químicos fundamentales obteniendo imágenes, en esta ocasión, de hasta x2000 aumentos.

Por otro lado, la herramienta Nikon SMZ1500 es un microscopio estereoscópico o lupa binocular fabricada por Nikon. Este tipo de microscopio se utiliza para la observación tridimensional de objetos con un aumento entre bajo y medio. Su funcionamiento se basa en un sistema óptico binocular con la posibilidad de captura fotográfica en su interacción con un equipo informático. El uso de los binoculares permite una percepción tridimensional del objeto observado, lo que permite

visualizar muestras que no sean planas. El uso de iluminación incorporada, inferior, cenital o lateral permite una mejor observación de la muestra desde todos sus ángulos, manejando aumentos desde x0.75 a x11.25.

La utilización de ambas herramientas permite generar un diálogo que analiza la muestra en posición superficial. Ambas opciones nos facilitan una visión completa y compleja del material, así como de su respuesta a la presión, ablación e interacción con la tinta. Con la utilización de ambas herramientas de visualización se pretende ofrecer una visión más amplia y complementaria del microcosmo EEI que aquí se investiga: nos interesa el viaje completo de visualización en profundidad, desde la materia prima hasta el interior de sus fibras o su análisis físico-químico.

Resultados gráficos y su análisis técnico conceptual: microcosmos

Tras la observación detallada de las muestras se obtuvieron interesantes resultados gráficos, así como técnico-conceptuales en relación con el microcosmos del papel.

Por un lado, se abre una puerta a un mundo microscópico compuesto por paisajes complejos que nos remiten constantemente del micro al macro. De lo interior a lo exterior, estableciendo un juego de contrarios inscrito en los orígenes de la gráfica contemporánea (Soler & Kako, 2013). Lo invisible se hace visible gracias al proceso de morfogénesis del grabado. Entendemos el “grabado” como la creación de una huella donde gracias a la unión de contrarios, al contacto y a la distancia, se

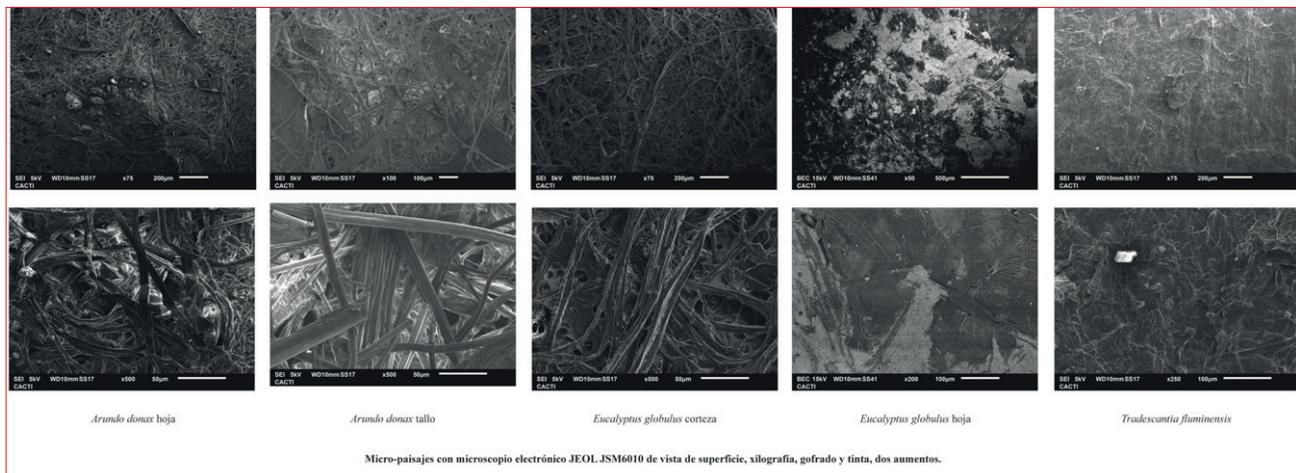


Figura 8. Imágenes de microscopio electrónico JEOL JSM6010 en vista de superficie de los papeles, sometido a la estampación xilográfica en gofrado o con tinta. De lzq. a der. *Arundo donax* hoja, *Arundo donax* tallo, *Eucalyptus globulus* corteza, *Eucalyptus globulus* hoja, *Tradescantia fluminensis*.

transmiten semejanzas inversas, con un potencial multiplicador (Pastor, 2013).

Estos micro mundos, presentes en todos los papeles que utilizamos a la hora de la creación gráfica, pueden ser entendidos como realidades paralelas en las que lo blando, lo mutante y lo extraño se adueñan del discurso. Tener acceso a una dimensión profunda de una realidad tan cercana y cotidiana como es el papel, propicia una potente arma de comunicación que vincula de forma directa el arte y la ciencia, en su afán por comprender y mostrar el mundo que nos rodea.

Por un lado, en las figuras 3, 4 y 5 podemos observar de forma técnica el papel, su reacción y respuesta a los tratamientos sometidos. Esta ocasión, utilizando la lupa óptica binocular, la imagen, al ser menos aumentada se mantiene en la realidad conocida.

A continuación, en las figuras 6, 7 y 8, perdemos el color y manejamos escalas superiores que descontextualizan el material de origen, sumergiéndonos en un microcosmos desconocido.

Este microcosmos vegetal nos acerca a la materia prima. Aun tras su transformación, se pueden distinguir los enlaces y las fibras que componen el papel, permitiendo una comprensión óptima de cómo se genera el soporte.

Conclusiones

Tal y como podemos observar en las imágenes anexadas a las figuras (3-8), las posibilidades gráficas de los papeles elaborados a partir del residuo de la *Tradescantia*, el *Eucalyptus* y el *Arundo*, son numerosas e interesantes (figura 9).

Corte láser

Se puede apreciar cómo, en lo relativo a la técnica de corte láser, con unos parámetros de potencia, velocidad y frecuencia de 70.12.9² cada papel reacciona de una manera distinta. Dentro de la misma especie, la hoja del *Arundo donax* solamente se graba, sin llegar a perforar en su totalidad la línea realizada por el láser, mientras que el tallo, por el contrario, la atraviesa manteniendo unos bordes poco definidos, en los que algunas fibras permanecen enlazadas. Tratándose de una planta fibrosa con una alta carga de celulosa, la materia prima está compuesta por pequeños hilos entrelazados que son quemados de forma desigual por el láser, proporcionando una línea desigual, a veces completa y otras incompleta.

Por otro lado, la *Tradescantia fluminensis*, compuesta por enlaces en lugar de fibra debido a la propia constitución de la planta, no soporta la incisión del láser y es perforada con suma facilidad, obteniendo cortes limpios y concisos con los que podemos obtener una imagen definida. Finalmente, en un punto intermedio, el *Eucalyptus globulus* nos ofrece ambas características. A pesar de su constitución fibrosa, estas responden de forma limpia y ordenada al paso del láser, proporcionando líneas profundas y algo definidas. Se

2. Los parámetros seleccionados para el corte láser fueron elegidos en relación con el espesor del material y sus propiedades físicas. A partir del desarrollo de diversas pruebas, se consideró que con una potencia de 70 W, una velocidad de 12 mm/s y una frecuencia del láser de 9 Hz se obtenían resultados favorables en los tres materiales.

	Corte láser	Fotograbado	Xilo.- gofrado	Xilo. - tinta
<i>Arundo donax</i> hoja	Grabado-no corte	Definición media	Registro medio	
<i>Arundo donax</i> tallo	Corte no definido	Definición media-alta	Registro medio	
<i>Eucalyptus globulus</i> hoja	Corte definido	Definición alta	Registro bajo	Definición media
<i>Eucalyptus globulus</i> cort.	Corte definido	Definición óptima	Registro bajo	
<i>Tradescantia fluminensis</i>	Corte perfecto	Sin penetración de la tinta	Sin registro	

Figura 9. Tabla de conclusiones extraídas de las respuestas de los papeles a las técnicas realizadas.

puede observar como las fibras se repliegan sobre sí mismas con el paso del láser, encontrando pequeñas diferencias entre el papel elaborado a partir de las hojas (menor nitidez) y aquel elaborado con la corteza (mayor nitidez).

Fotograbado

Con relación a la técnica del fotograbado es necesario descartar el uso de la *Tradescantia fluminensis* debido a que su composición interna a partir de enlaces y su prominente resistencia al agua y al paso del aire produce un rechazo a la tinta, la cual no termina de penetrar en la superficie del papel, siendo consecuentemente poco consistente.

El *Arundo donax*, por otro lado, ofrece un buen resultado, tanto mediante el uso de las hojas como del tallo, obteniendo una imagen con buena resolución y con captura de la tinta. Cabe diferenciar que el tallo, a diferencia de las hojas, recogen mejor los degradados y capta las tonalidades del color al tener las fibras una composición celulósica mayor que las hojas.

Finalmente, el *Eucalyptus globulus* es la especie que mejor responde a la presión, así como a la inserción de tinta mediante el fotograbado. La calidad de la imagen obtenida sobresale sobre las demás, obteniendo resultados complejos en tanto a la interacción de las fibras con la imagen, aportando interés y contenido, al ser completamente impregnadas por la tinta.

Xilografía por gofrado o con tinta

Nuevamente como en lo relativo al uso del fotopolímero, podemos observar como la *Tradescantia fluminensis* no responde de forma favorable a la presión, debido a que no recoge ningún registro de la matriz sobre su superficie. Por el contrario, vuelve a su estado original sin modificar su estructura. Por otro lado, ni el *Arundo donax* ni el *Eucalyptus globulus*, posiblemente debido al poco refinamiento de las muestras de papel utilizadas, recogen favorablemente el gofrado transferido por la matriz y la presión. Se puede observar como las fibras son muy levemente modificadas tras su paso

por el tórculo, sin modificar apenas su estructura y sin capturar la imagen. Sin embargo, ante la utilización de la tinta como recurso, si es posible observar líneas limpias en el caso del *Eucalyptus globulus* hoja, aunque, al profundizar en la muestra, observamos como la tinta no penetra en profundidad en la muestra.

Aclaración de la terminología utilizada en la figura 9:

- Grabado-no corte: determina la resistencia del papel al efecto del láser, llegando a cortar limpiamente o a grabar la superficie con una misma potencia).
- Corte definido: la acción del corte sobre el material realiza un corte perfecto sin dejar residuos de fibras unidas o zonas grabadas. Se perfora en su totalidad al paso del láser.
- Definición media: la capacidad de registro de los degradados y de imágenes complejas del material es media, lo que supone que la imagen es perceptible, pero encontramos ruido visual por una presencia excesiva de fibras.
- Definición media-alta /alta: La capacidad del material para registrar una imagen compleja y sus degradados es adecuada, la estructura del papel no interviene en la conformación de la imagen.
- Definición óptima: la imagen compleja se resuelve sin interferencias y todos los detalles de la imagen se mantienen.
- Registro medio/bajo: La modificación de la estructura de la fibra ante la presión y su capacidad para mantenerse en ese estado es media o baja. Es decir, no registra la imagen gofrada con calidad suficiente o directamente no hay registro en absoluto.

Esta propuesta está vinculada a un caso de estudio específico y acotado, lo que deriva en numerosas limitaciones en relación con la cantidad de EEI seleccionadas para la investigación como en el número de técnicas testeadas. Debido a las propiedades de los papeles, estos no han podido ser sometidos a procesos de impresión digital, lo

que limita las conclusiones de la investigación en relación con la industria del diseño, gráfico, editorial o marketing. Es por ello por lo que, aun recalcando el potencial de estos papeles para el sector creativo en general, los ensayos y las conclusiones extraídas están directamente relacionadas con las técnicas gráficas de estampación artística (grabado). Es igualmente necesario recalcar la posible ampliación de esta investigación, realizando una fabricación del papel a mayor escala y sometiendo a otras técnicas de impresión que amplíen en sector de aplicación, así como la implicación de nuevas especies, abriendo también el campo a otras zonas afectadas por EEI..

Es necesario comprender como la naturaleza juega un papel fundamental en nuestras creaciones, sean éstas referidas o basadas en ella o no. Los soportes que utilizamos en el arte y en la crea-

ción gráfica, entendiéndola como toda creación creativa que pueda ser realizada sobre un soporte físico (papel o tejido), tienen su origen, generalmente, en el mundo natural, vegetal y está en nuestra mano ser conscientes de las implicaciones que eso supone. Una correcta elección y adecuación del soporte a la propuesta no aporta únicamente mejoras técnicas, si no, poéticas, emocionales e incluso ecológicas. El potencial comunicativo de la materia que utilizamos en los proyectos creativos puede ayudar a promover una mayor concienciación climática por parte del espectador o consumidor. Al hacer partícipe al espectador acerca del origen de la materia, gracias a la capacidad narrativa, a la trazabilidad y al propio story-telling del material, podemos potenciar el cuidado del medio ambiente y acortar la distancia que en la sociedad contemporánea existe entre el ser humano y la naturaleza.

Referencias bibliográficas

- Barbé, J. (2017). *Las plantas y su papel: 102 recetas papeleras*. España: HiFer Editor
- Bermúdez, X., & Abilleira, F. (2015) *Conservación y Restauración del Bosque de Ribera. Impacto de Especies Invasoras*, 1st ed.; Universidade de Vigo: Galicia, Spain.
- Corno, L., Pilu, R., Adani, F. (2014). Arundo donax L.: A non-food crop for bioenergy and bio-compound production. *Biotechnol. Adv.* 32, 1535–1549.
- Di Marco, E. (2015) *Eucalyptus globulus* sp. globulus Labill (eucalipto blanco) familia Myrtaceae. *Prod. For.*, 5, 34–36.
- Fuad-Luke, A. (2009). *Design Activism: Beautiful Strangeness for a Sustainable World*. Earthscan.
- Iglesias, A., Cancela, A., Álvarez, A., & Sánchez, A. (2023) *Anthocyanins and Total Phenolic Compounds from Pigment Extractions of Non-Native Species from the Umia River Basin: Eucalyptus globulus, Tradescantia fluminensis, and Arundo donax*. *Applied Sciences* 13, no. 10: 5909. <https://doi.org/10.3390/app13105909>
- Míguez, C.; Cancela, A.; Álvarez, X.; Sánchez, A. (2022) *The reuse of bio waste from invasive species Tradescantia fluminensis as a source of phenolic compounds*. *J. Clean. Prod.* 336, 130293–130303.
- Papanek, V. (1971). *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*. Thames & Hudson.
- Pastor, J (2013) *Sobre la identidad del grabado*. Santiago de Compostela, Fundación Gonzalo Torrente Ballester
- Renau-Piqueras, J., & Faura, M. (1994) *Principios básicos del Microscopio Electrónico de Barrido*. Sección de Microscopía electrónica. Centro de Investigación Hospital 'La Fé', Valencia.
- Romero Buján, M.I. (2007). *The alien flora of Galicia (Iberian northwest)*. *Bot. Complut.* 31, 113–125
- Soler, A., & Castro, K. (2006). *Impresión piezoeléctrica, la estampa inyectada*. Vigo: Grupo Dx5 Universidade de Vigo.
- Soler, A., & Castro, K. (2013) *Ánodo-cátodo. Electrolisis y galvanografía. La memoria química esculpida por electrones*. Vigo: Grupo Dx5 Universidade de Vigo
- Standish, R.J., Robertson, A.W., & Williams, P.A. (2001) *The impact of an invasive weed Tradescantia fluminensis on native forest regeneration*. *J. Appl. Ecol.* 38, 1253–1263.

Listado de figuras

- Figura 1: Tabla de la materia empleada y su porcentaje de humedad tras la extracción de la lignina.
- Figura 2: Imágenes de lupa óptica Nikon ZMS1500. De izquierda a derecha: Arundo donax hoja, Arundo donax tallo, Eucalyptus globulus corteza, Eucalyptus globulus hoja, Tradescantia fluminensis. De arriba abajo: Materia natural sin transformaciones x 0.75, Materia natural sin transformaciones x10, Materia sin lignina desfibrada x4, Materia papel x0.75 y Materia papel x10.
- Figura 3: Imágenes de lupa óptica Nikon SMZ1500 de los diferentes papeles estampados con fotograbado y tinta comercial grasa. De izquierda a derecha: Arundo donax hoja, Arundo donax tallo, Eucalyptus globulus corteza, Eucalyptus globulus hoja, Tradescantia fluminensis. De arriba abajo: Aumentos x0.75 y x11.25
- Figura 4: Imágenes de lupa óptica Nikon SMZ1500 de los diferentes papeles estampados con xilografía en gofrado o con tinta comercial grasa. De izquierda a derecha: Arundo donax hoja - gofrado, Arundo donax tallo - gofrado, Eucalyptus globulus corteza - gofrado, Eucalyptus globulus hoja - tinta offset amarilla, Tradescantia fluminensis - tinta offset blanca. De arriba abajo: Aumentos x0.75 y x11.25
- Figura 5: Imágenes de lupa óptica Nikon SMZ1500 de los diferentes papeles sometidos al corte-grabado láser con los parámetros 70. 12. 9. Arundo donax hoja, Arundo donax tallo, Eucalyptus globulus corteza, Eucalyptus globulus hoja, Tradescantia fluminensis. De arriba abajo: Aumentos x0.75 y x11.25
- Figura 6: Imágenes de microscopio electrónico JEOL JSM6010 en vista de superficie de los papeles, sometido al corte-grabado láser. De Izq. a der. Arundo donax hoja, Arundo donax tallo, Eucalyptus globulus corteza, Eucalyptus globulus hoja, Tradescantia fluminensis.
- Figura 7: Imágenes de microscopio electrónico JEOL JSM6010 en vista de superficie de los papeles, sometido a la estampación con fotopolímero. De Izq. a der. Arundo donax hoja, Arundo donax tallo, Eucalyptus globulus corteza, Eucalyptus globulus hoja, Tradescantia fluminensis.
- Figura 8: Imágenes de microscopio electrónico JEOL JSM6010 en vista de superficie de los papeles, sometido a la estampación xilográfica en gofrado o con tinta. De Izq. a der. Arundo donax hoja, Arundo donax tallo, Eucalyptus globulus corteza, Eucalyptus globulus hoja, Tradescantia fluminensis.
- Figura 9: Tabla de conclusiones extraídas de las respuestas de los papeles a las técnicas realizadas.