

Producción de papel obtenido de la planta *pistia stratiotes*

Production of paper obtained from the *pistia stratiotes* plant

Beyker J. Obando Zambrano

Universidad de Costa Rica
Santa Cruz, Guanacaste
beyker.obando@ucr.ac.cr

Luis A. Bermúdez Carrillo

Universidad de Costa Rica
Santa Cruz, Guanacaste
luis.bermudez@ucr.a.cr

RESUMEN: La fabricación de papel en todo el mundo ha tenido repercusiones negativas en el ambiente en general por la materia prima que se utiliza en la actividad. Dado que el papel es uno de los productos de mayor consumo, los efectos de su fabricación agravan esta problemática. Acorde con esto, como una alternativa amigable con el ambiente para la fabricación de papel, hoy se conoce la planta Pistia Stratiotes como una fuente de materia prima para ese propósito. En el presente análisis se utiliza la observación en ensayos de prueba y error, se hacen los ajustes necesarios y finalmente se obtiene un producto en la forma de papel para uso convencional. Asimismo, se muestra la calidad que puede tener este tipo producto detallando sus características. En los resultados se puede evidenciar como atributo adicional que no es inflamable, lo que sugiere otras investigaciones sobre el uso de esa materia prima para la elaboración de otros productos. A manera de conclusión, las pruebas demuestran que se puede elaborar papel de mejores condiciones con base en la planta Pistia Stratiotes, aunque todavía no existen estudios que permitan establecer científicamente, por ejemplo, las repercusiones que podría tener la extracción de la planta de afluentes naturales como ríos. Por tanto, los actuales son resultados de índole investigativa que aún no corresponden a propuestas de explotación de la planta.

PALABRAS CLAVE: papel, impacto ambiental, materia prima, bosque, río.

ABSTRACT: Papermaking worldwide has had a negative impact on the environment in general because of the raw material used in the activity. Since paper is one of the most consumed products, the effects of its manufacture aggravate this problem. Accordingly, as an environmentally friendly alternative for papermaking, today the Pistia Stratiotes plant is known as a source of raw material for that purpose. In the present analysis, observation is used in trial-and-error trials, the necessary adjustments are made and finally a product is obtained in the form of paper for conventional use. Likewise, the quality that this type of product can have been shown detailing its characteristics. In the results it can be evidenced as an additional attribute that it is not flammable, which suggests other research on the use of this raw material for the manufacture of other products. By way of conclusion, the evidence shows that better paper can be developed based on the Pistia Stratiotes plant, although there are still no studies that allow us to establish scientifically, for example, the repercussions that the extraction of the plant from natural tributaries such as rivers could have. Therefore, the current results are results of a research nature that do not yet correspond to proposals for the exploitation of the plant.

KEYWORDS: paper, environmental impact, raw material, forest, river.

Recibido: 16-06-22 | Aceptado: 3-08-22

CÓMO CITAR (APA): Obando Zambrano, B., Bermúdez Carrillo, L. (2023). Producción de papel obtenido de la planta pistia stratiotes. *InterSedes*, 24(50), 174-189. DOI 10.15517/isucr.v24i50.51353

INTRODUCCIÓN

Debido a la dependencia del papel que hay en el mundo y a su gran impacto negativo en el ambiente, muchos países e industrias han optado por buscar productos sustitutos con un menor impacto negativo en la naturaleza. El papel blanco convencional está compuesto en un 90% por celulosa, la cual proviene de la corteza arbórea. Su producción tiene un efecto negativo en la vegetación y repercusiones ambientales significativas. Para tener un dato de referencia respecto al alto volumen de uso del papel blanco a nivel internacional, en promedio se consumen por persona 48 kilos de papel al año. Un árbol produce aproximadamente 100 kilos de celulosa, lo que implica la tala de aproximadamente 3.696 millones de árboles por año, Esto requiere que se destinen aproximadamente 18 millones de hectáreas de terreno para soportar la producción, lo cual causa grandes problemas ambientales en los bosques y tiene un impacto negativo en las precipitaciones lluviosas y en las condiciones ambientales (Cabezas et al., 2021).

En cuanto a los efectos negativos de la producción de papel, además de la tala desproporcionada de árboles y de la necesidad de utilizar grandes extensiones de terreno para cultivarlos y finalmente obtener el producto, en el proceso hay otros productos añadidos que se utilizan para descolorarlo y blanquearlo, por tratarse de productos químicos que se emplean en grandes volúmenes, aparte de los problemas ambientales surgidos de la contaminación tanto del aire como del agua. Dada esa situación, en el presente trabajo de investigación se propone la idea innovadora de producción de papel a partir de la planta de río *Pistia Stratiotes*, también conocida como lechuga de río.

Pistia stratiotes es una planta que flota libremente con una roseta de hojas obovadas a espatuladas, de pelo corto. Es una planta clonal que forma pequeñas colonias con plantas hijas unidas a la planta madre por medio de estolones. La dispersión se mejora mediante el desprendimiento de plantas hijas que formarán nuevas colonias. Los lados superiores de las hojas son de color verde claro, mientras que la parte inferior es casi blanca. Las plantas flotantes tienen grandes sistemas de raíces plumosas que cuelgan libremente en el agua. La inflorescencia solitaria es axilar y discreta, con pedúnculos cortos en el centro de la roseta. El espádice, con una sola flor pistilada y varias flores estami-

nadas encerradas en un espato blanquecino, es de color verde pálido, peludo por fuera y glabro en el interior (Neuenschwander et al., 2009, como se citó en European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2017).

De la planta *Pistia Stratiotes* se obtuvieron pliegos de papel de fibras entrelazadas derivadas de la preparación de pulpas, elaborados por medio de un proceso artesanal de molido, limpieza y acabado para obtener materia prima que, una vez secada, forma superficies sólidas compactas y resistentes. El papel resultante es del tipo cartón y como característica principal se comprobó que no es inflamable. La investigación efectuada buscó demostrar que la planta tiene propiedades que la hacen apta como materia prima; no obstante, faltan estudios que demuestren si su industrialización es ambientalmente viable. Además, el producto actual podría depurarse y refinarse a fin de obtener prototipos más finos y elegantes. Para efectos de la presente investigación al producto obtenido se le dará el nombre de Papel Pistia. La idea de elaborar papel a base de la planta mencionada surgió cuando se buscaba una alternativa para disminuir la sobre población de la planta, principalmente en los ríos, sobre población que se ha observado en los ríos Cañas y Tempisque, en Guanacaste, y que ha sido considerada una plaga.

Para la fabricación del papel Pistia se utiliza la planta *Pistia Stratiotes*, conocida también como lechuga de río. Esta planta se registró por primera vez en África en 1865 y es considerada en algunas partes del mundo como una plaga que puede causar problemas por su crecimiento excesivo. También puede interferir con diversas estructuras de ingeniería como presas y compuertas; bloquear desagües y causar inundaciones, y en zonas ganaderas puede obstruir el paso del ganado al agua; prevenir la fotosíntesis en el agua debajo de la estera; degradar el agua potable y afectar a los animales y plantas nativas de manera más general al alterar significativamente los ecosistemas acuáticos. Otro de los problemas que se le achaca es que puede desfavorecer el atractivo escénico de los cuerpos de agua y aumentar la propagación de ciertas enfermedades transmitidas por mosquitos y caracoles (European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2017).

Ante la falta de conocimientos previos acerca del proceso de elaboración del papel derivado de esta planta, se han tenido que hacer ensayos y pruebas para documentar tanto los procesos como el producto final por obtener. Hay que indicar que el proyecto está en pruebas y que actualmente el producto no se comercializa ni industrializa; sin embargo, los resultados obtenidos son prometedores en cuanto al producto final. Es importante indicar que a la fecha no hay constancia de estudios, referencias bibliográficas ni investigaciones que aborden en general la producción de papel con la planta indicada.

El objetivo de este documento es presentar los resultados de los ensayos realizados con la planta *Pistia Stratiotes* para la producción de papel, dado que estos resultados arrojan conclusiones positivas en cuanto al producto final que se obtiene. No obstante, como se indicó anteriormente, la investigación se limita a mostrar los resultados obtenidos hasta ahora y las características del producto, y no así a proponer una estructura de negocio que conlleve la sobreexplotación de la planta, ya que se carece, por ejemplo, de estudios que midan el impacto ambiental que podría tener el hábitat de estas plantas si se extraen sin medida o se sobreexplotan.

La idea hasta aquí nace como consecuencia de haber advertido la sobre población de la especie en los ríos Cañas y Tempisque, ya que dicha sobre población es considerada por muchos vecinos y ganaderos como una plaga que obstruye y limita la visibilidad y el acceso al agua, y eso perjudica las actividades ganadera y agrícola. Considerado así el caso, se ha promovido la idea de buscar alternativas para moderar los excesos de la planta y aprovecharla como materia prima para la elaboración de productos de papel, al considerarla una opción viable por las particularidades del producto y por el rendimiento que se puede obtener.

Materiales y métodos

El tipo de investigación es descriptivo con un enfoque cuantitativo, dado que con él se busca recopilar información objetiva de tipo numérico y medible, que ayude a la elaboración de papel según las

propiedades que para ello posee la planta *Pistia Stratiotes*. No obstante, hay que aclarar que el estudio se realiza propiamente para los efectos de producir papel sin mayor consideración de las características propias del hábitat de la planta, en procura de efectos positivos o negativos. Siguiendo a Guevara et al. (2020) esta investigación es descriptiva pues

tiene como objetivo describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utiliza criterios sistemáticos que permiten establecer la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes. (p. 166)

Mediante la observación, se lograron identificar aspectos claves como: volumen, peso, forma y textura de la planta para el proceso de transformación y permitió hacer una descripción detallada del proceso de producción del papel *Pistia*. Además, se enumeraron y sintetizaron los pasos seguidos para estandarizar los procesos en futuras investigaciones.

A manera de conclusión metodológica, es importante destacar que los pasos desarrollados en el presente proyecto no corresponden a las metodologías utilizadas en la industria de fabricación de papel a base de celulosa de árboles, ya que la planta *Pistia Stratiotes* no ha sido utilizada anteriormente para dicho fin. Así, los pasos se establecieron mediante una secuencia lógica que permitiera de forma artesanal convertir la planta en una pasta, para luego identificar si esta pasta podía ser utilizada para la fabricación de papel. Luego de corroborar este hecho, se mejoraron y adaptaron los pasos para desarrollar un producto que lograra mejores condiciones, hasta obtener un resultado considerado como válido.

Proceso para la elaboración de papel *Pistia*

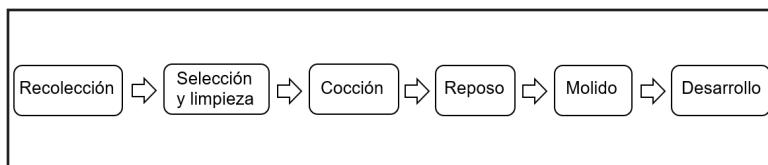
El proceso de elaboración del producto final comprende seis etapas, que van desde la recolección, la selección, la cocción, el reposo y el molido hasta la elaboración del producto final. En la

ilustración 1 se presenta el proceso de elaboración del papel Pistia a partir de la planta seleccionada, con la finalidad de entender con mayor precisión la metodología utilizada.

A continuación, se presenta el detalle de cada uno de los pasos expuestos para la elaboración del papel Pistia. Las pruebas y ensayos realizados se llevaron a cabo entre enero y mayo de 2020.

ILUSTRACIÓN 1

PASOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PAPEL PISTIA



Fuente: Elaboración propia.

Recolección de la planta

La recolección de plantas de *Pistias Stratiotes* se hizo en Santa Cruz de Guanacaste, propiamente en el río Cañas, cuyas características hacen permiten el desarrollo de la planta en grandes extensiones. Según Meerhoff y Mazzeo, (2004), la *Pistia Stratiotes* “se encuentra en un amplio gradiante latitudinal en el planeta” (p. 3). Sin embargo, puede crecer bajo diferentes condiciones físicas y químicas. Su crecimiento es óptimo a temperaturas entre 22 y 30° (European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2017).

Es importante agregar que las zonas del río en donde se realizó la extracción estaban densamente pobladas por *Pistias Stratiotes*, de modo que no se alteró el hábitat, porque la planta tenía cubierta la totalidad del río. Además, de acuerdo con CONABIO (2016),

existe evidencia de que la especie representa un riesgo de extinción para especies en alguna categoría de riesgo debido a alguna interacción biótica (por ejemplo, herbivoría, frugivoría, competencia, depredación, hibridación, parasi-

tismo, etc.); o existe la posibilidad de que se introduzca en ecosistemas sensibles (islas, oasis, etc.) o genere cambios permanentes en la estructura de la comunidad (alteración de redes tróficas, cambios en la estructura de los ecosistemas, daños en cascada y afectación a las especies claves). (p. 6)

A pesar de que hay estudios que indican que la planta es una plaga, hay otros que mencionan virtudes de esta. En Costa Rica no se han encontrado estudios que evidencien efectos negativos ni positivos; por tanto, a pesar de que en el presente estudio se toma como base de análisis la extracción, se ha hecho únicamente con fines investigativos. En la ilustración 2 se evidencia la sobre poblacióen en el momento de la extracción.

ILUSTRACIÓN 2

Río Cañas, Guanacaste (ZONA DE EXTRACCIÓN)



Fuente: Imagen propia tomada en la zona de Río Cañas, Guanacaste, 2020.

Ahora bien, para el proceso de recolección de muestras se seleccionaron las plantas de mejor tamaño y textura. El tamaño mínimo requerido fue de 10 centímetros. Esta medición se realizó teniendo en consideración el tamaño de las hojas. Además de su tamaño, la planta debía verse sana y sin signos de deterioro, lo que evidencia

que la materia prima es de buena calidad y que no sufre de ningún tipo de daño o descomposición causada por el ecosistema en donde se desarrolla. Una vez extraídas las plantas, las raíces fueron cortadas y devueltas al agua para que vuelvan a germinar y se incorporen nuevamente a su hábitat natural.

Selección y limpieza de la planta

Las plantas fueron trasladadas a un área de estudio y manipulación, en donde se seleccionaron, limpian y descontaminaron. Para realizar el proceso de selección y limpieza de las plantas en cuestión fue necesario utilizar guantes de látex, paños de microfibra, cepillo de lavado y cajas de almacenamiento plásticas (en este caso se utilizaron cajas de 40 litros). Los implementos de protección indicados fueron necesarios porque, al manipular la planta sin protección, esta causa irritación si se mantiene en constante contacto con la piel.

Para realizar el lavado hay que cuidar que la materia prima obtenida se mantenga lo más natural posible. Para ello se utilizan únicamente agua, toallas y cepillo de lavar, y con dichos implementos se trata de remover los restos de escoria y suciedad. La limpieza debe hacerse con cuidado para no dañar las hojas a fin de mantenerlas lo más íntegras posible. Una vez que se completa el proceso de limpieza se deben secar las hojas y almacenarlas en cajas especiales. En el caso particular del presente proyecto, el almacenamiento se ha hecho en cajas que albergan cantidades de 5 kilogramos; esto con la intención de mantener estándares de proceso para futuras investigaciones.

Cocción de la planta

Para el proceso de cocción de la planta se utilizó almidón de maíz, cuya proporción correcta debió ser ajustada en los ensayos de investigación realizados. La última combinación válida que dio los mejores rendimientos fue de 10/100, es decir, por cada 100 gramos

de materia prima de la planta Pistia se utilizaron 10 gramos de almidón de maíz. Además, en el proceso de cocción fue necesario añadir 2 litros de agua por cada kilogramo de planta Pistia agregada. En la tabla 1 se muestra el resumen de los componentes en el proceso de cocción.

TABLA 1

CANTIDAD DE COMPONENTES PARA EL PROCESO DE COCCIÓN DE LA
PISTA STRATIOTES

Material	Cantidad	Porcentaje
Pista stratiotes	1 kilogramo	32,30%
Agua	2 litros	64,50%
Almidón de Maíz	100 gramos	3,20%

Fuente: Elaboración propia con base en el proceso de producción realizado en junio de 2020.

El recipiente de cocción debe ser amplio y dentro de lo recomendable se indica que el material añadido no supere las tres cuartas partes de la capacidad del recipiente. La temperatura para realizar el proceso fue de 100°C y se mantuvo por tres horas. El almidón de maíz se agregó una vez transcurridas las tres horas, de acuerdo con la proporción indicada anteriormente. Fue necesario mezclar fuertemente todos los componentes para distribuir uniformemente el almidón.

El proceso de cocción permitió visualizar el cambio de color de las plantas de verde natural a gris oscuro opaco y, además, la reducción significativa del volumen. El producto obtenido se colocó en un recipiente por tres días. Su almacenamiento fue en caliente para evitar la contaminación de agentes externos, y no se agregó ni quitó agua.

Reposo

El material resultante del proceso de cocción debió dejarse reposar por tres días y en este lapso la planta Pistia perdió su textura natural y se volvió frágil. Se obtuvo así una pasta o pulpa ya lista para el proceso de trituración o molido. De acuerdo con las investigaciones realizadas, el material debe reposar de forma hermética por 72 horas, y no puede sobrepasar dicho tiempo porque perderá la textura y a partir de entonces la pulpa comenzará a descomponerse y dejará de ser útil para la elaboración de papel.

Molido del material

El molido suele ser rápido, por lo cual los ensayos se hicieron de manera artesanal; sin embargo, se podrían utilizar molinos electrónicos o industriales para agilizar el proceso. No obstante, la finalidad de esta investigación no es industrializar el producto sino verificar si finalmente es útil y bueno, para lo que se requerirán investigaciones posteriores que indiquen la viabilidad ambiental y legal en caso de optarse por su producción y comercialización. El ajuste del molino debe ser muy fino para poder obtener una pasta de textura blanda; por lo tanto, es necesario hacer pruebas iniciales para asegurarse del material deseado.

Una vez finalizado el proceso de molido la pasta obtenida se mezcló con el líquido que aún quedaba en el recipiente en el que se mantuvo en reposo. Todo lo anterior dio como resultado una pasta acuosa de color verde oscuro, con lo cual finaliza el paso respectivo de molido o trituración.

Creación de papel

En esta última fase se agregó el almidón de maíz a la pasta obtenida del proceso de molido, en una proporción de 20/100. Por cada 100 gramos de pasta se agregaron 20 gramos de almidón de maíz. Ambos productos se mezclaron de forma manual por un lapso de

cinco minutos para obtener una pasta homogénea y con una consistencia acuosa y sin grumos, con una textura apropiada para la elaboración del papel.

Una vez finalizado el secado se empleó una espátula de 5 pulgadas para remover el papel mismo que fue depositado en una bandeja de aluminio. Cabe resaltar que la utilización de la bandeja es opcional, ya que puede ser sustituida por una mesa de trabajo, pues lo que se desea con esta herramienta es esparcir la pasta para buscar un grosor uniforme, para posteriormente proceder con su respectivo secado. La recomendación, de acuerdo con la experiencia obtenida en el experimento es que el grosor al esparcir la pasta no puede superar los 3 milímetros, pues si esto sucede el material obtenido tendrá un grosor que impedirá su flexibilidad, restando atributos que son deseables para una hoja de papel convencional.

En referencia a lo anterior, las características obtenidas en el producto con un grosor de hasta 3 milímetros indica que con procesos de industrialización y utilizando tecnologías avanzadas se podría lograr las dimensiones de una hoja de papel convencional que ronda entre los 0,001 y 0,005 milímetros y mantener las peculiaridades de un papel de calidad. (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2013).

Para finalizar, una vez que el material está esparcido en bandejas se dejó en reposo a una temperatura de entre 33°C. y 35°C. Para el caso del presente proyecto dicho paso se realizó por 8 horas exactas, aprovechando la luz solar. Los ensayos evidenciaron que dejar el producto en secado por más de 8 horas hace que se vuelva quebradizo y se obtenga menor rendimiento de la materia prima.

Resultados y discusión

El papel final producido tiene un color gris claro y cuenta con una textura similar a la de los elaborados con la celulosa de los árboles, lo que muestra que tiene las condiciones adecuadas para ser considerado como un papel utilizable en diversas tareas.

Para evidenciar el resultado obtenido se muestra seguidamente

una imagen del Papel Pistia elaborado por medio del proceso descrito con anterioridad.

ILUSTRACIÓN 3

PAPEL PISTIA



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Es importante mencionar que, al ser un proceso artesanal, el papel se puede recortar de acuerdo con las dimensiones deseadas. Asimismo, por ser elaborado de forma manual, el producto final presenta asimetría en cuanto al grosor, problema que se puede solucionar si se utilizan máquinas o nuevas tecnologías. El proceso en sí requiere mucho cuidado porque se debe manipular el material y si falla la manipulación pueden verse comprometidos los resultados. Es importante mencionar que los pasos mencionados anteriormente siguieron el orden lógico establecido mediante la observación de diversos ensayos y procesos de fabricación, por lo que la modificación de alguno de los pasos, así como de las condiciones climáticas o físicas con las que se desarrolle el producto, puede traer como consecuencia una variación en los resultados.

Los resultados expuestos dan fe de un proceso llevado a cabo totalmente de forma artesanal sin mediación de máquinas. No obstante, el producto final obtenido es fuerte, resistente y duradero. En

caso de industrializarse dicho producto podría ser perfeccionado para darle mejor aspecto en cuanto a presentación y acabado.

Por otra parte, es necesario aclarar que en todo el proceso que se ha descrito se han evidenciado ventajas y desventajas del producto las cuales se enumeran a continuación de forma más amplia y detallada.

Ventajas del producto

La producción convencional de papel se basa en la utilización de la celulosa proveniente de la madera de los árboles, y esto hace que el papel convencional se vuelva un enemigo de los ambientes naturales; pero el papel *Pistia* se obtiene de la planta de agua *Pistia Stratiotes*, la cual es considerada en algunos casos una plaga vegetal. Si en Costa Rica se llegara a considerar así y hubiera que tomar medidas para controlarla, el utilizarla como materia prima podría ayudar a reducir la problemática tanto de las repercusiones de esta plaga como de la utilización de madera de árboles para fabricar papel.

Por otra parte, el papel así elaborado cuenta con las condiciones y características necesarias para su uso, ya que es muy parecido al convencional en sus características de textura y resistencia. Su color es oscuro como el del cartón, pero eso no afecta su utilidad. También cabe indicar que en los análisis se evidenció que el color se puede mejorar utilizando componentes químicos, no obstante, hasta ahora se ha tratado de darle una proyección de orgánico y amigable con el ambiente.

Otra de las ventajas encontradas y que le dan un valor agregado es que es un papel no inflamable y si entra en contacto con el fuego sufre un cambio químico, pero no alza en llamas, y esto permite que el material sea más resistente que otro tipo de papel sustituto o de su tipo, y de igual manera abre la posibilidad de buscar otros tipos de usos y líneas de productos.

La posibilidad de elaborar papel de forma artesanal puede convertirse en un atractivo para algunos sectores de la población, los cuales pueden obtener beneficios de él y utilizar la *Pistia Stratiotes*.

como materia prima. Así se ayudará a darle utilidad a una planta que se reproduce rápidamente y que en la actualidad es considerada una plaga. Sin embargo, en este aspecto hay que aclarar que, para utilizar dicha planta como materia prima y generar con ella un proceso productivo, se necesitan estudios y permisos de las autoridades pertinentes.

Por último, el fabricar papel Pistia supone la sustitución de otros materiales que tienen un impacto ambiental más fuerte. De acuerdo con García (2002), “la industria de pasta-papel es una gran consumidora de agua y energía, emplea productos químicos nocivos y contribuye significativamente a la contaminación del aire y del agua” (p. 144). A eso hay que sumarle la tala de árboles para obtener la materia prima.

Desventajas del producto

La elaboración del producto tal y como se ha descrito anteriormente tiene ciertas desventajas si se quisiera hacer en forma comercial-lucrativa. Primeramente, habría que considerar la cantidad de materia prima necesaria para aplicarla a procesos productivos de mayor escala, pues obtenerla de ríos sería un gran problema porque su extracción tendría que ser controlada para no causar impactos ambientales negativos en el *habitat* en donde se encuentra. Además, no hay estudios científicos que indiquen realmente cuál sería el impacto de su extracción en grandes volúmenes.

Podría pensarse en producir la planta como materia prima, pero para ello deben adecuarse las condiciones en cuanto a terrenos y a utilización de agua, pues al ser una planta acuática flotante ello demanda gran cantidad de recurso hídrico, lo cual exige hacer estudios económicos, ambientales y legales que permitan verificar la viabilidad y rentabilidad de cultivar la planta y producir el papel. También se presenta el inconveniente de no tener una curva de aprendizaje de largo plazo que demuestre la durabilidad del producto.

Conclusiones y recomendaciones

De manera general, se puede evidenciar que es posible la fabricación de papel utilizando la planta *Pistia Stratiotes* como materia prima. La utilización de dicha planta supone una serie de beneficios dadas las características de esa especie vegetal. Sin embargo, no se puede dejar de lado que, en un eventual proceso de producción masificado, la elaboración de papel se vería limitada por sus costos de producción.

El papel obtenido del proceso descrito es un producto resistente de características muy similares a las del cartón convencional. Sin aplicarle productos químicos es de color café oscuro y tiene como característica principal que no es inflamable. A partir de dicha característica se puede explorar y hacer estudios más exhaustivos y contundentes sobre sus propiedades y posibles usos alternos.

Los resultados expuestos son de índole investigativa y no se tienen argumentos para definir el impacto ambiental en caso de extracción de la planta en gran escala para la producción comercial. Aunque hay algunos estudios que indican que es una planta invasiva y considerada una plaga, los contextos geográficos en los que se enmarcan dichas afirmaciones no corresponden a Costa Rica. Por tanto, no se pueden extrapolar los estudios a las condiciones del país.

Para finalizar, es importante mencionar que el proceso metodológico se aplicó en un ambiente natural y que los procesos seguidos fueron hechos totalmente en forma artesanal, y no se contó con herramientas, máquinas o tecnología de alto costo. Además, el producto final es resultado de ensayos que se realizaron a base de prueba y error por no contar con la experiencia ni con conocimientos previos sobre la elaboración de papel.

Referencias

- Cabezas, W., Freire, C., Dávila, D., Morales, A., & Hernández, S. (2021). Banana Paper Production. *Minerva, Multidisciplinary Journal of Scientific Research*, 20-27.
- CONABIO. (2016). *Método de evaluación rápida de invasividad (MERI) para especies exóticas en México*. México: CONABIO.
- Díaz Sanjuan, L. (2011). *La observación*. EUNAM, Facultad de psicología, UNAM.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. (2017). *Pistia stratiotes L.*, *Bulletin OEPP*, 537-543.
- García, D. (2002). La contaminación de la industria de pasta-papel en Galicia: un análisis de flujos de materiales y energías. *Estudios de economía aplicada* (18), 143-158.
- Guevara Alba, G., Verdesoto Arguello, A., & Castro Molina, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 163-173.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). Papeles y cartones. Determinación del espesor. Norma Técnica Ecuatoriana.
- Meerhoff, M., y Mazzeo, N. (2004). Importancia de las plantas flotantes libres de gran aporte en la conservación y rehabilitación de lagos someros en Sudamérica. *Revista Científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 1-11.