

Estudio de tendencia

## Control y revalorización del *Eichhornia crassipes*

J. Izaguirre<sup>1</sup> , Y. Guerrero<sup>1</sup> , N. Telleira<sup>1\*</sup> , H. Rodríguez<sup>1</sup> ,  
M. Henríquez<sup>1</sup> .

<sup>1</sup> Gerencia de proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación I+D+i. Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ)

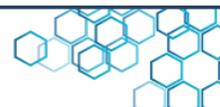
### Resumen

El lirio acuático o Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) es un macro organismo nocivo, que pone en peligro la calidad del recurso hídrico. Debido a su rápida reproducción, cubre la superficie de los cuerpos de agua e impide la penetración de la luz solar en los mismos. Además, al descomponerse crea condiciones anaeróbicas que intensifica la liberación de gases como el metano. No obstante, la planta también es famosa por muchas aplicaciones industriales potenciales. Por ende, para contribuir con la calidad de agua a nivel nacional y con miras al desarrollo sustentable venezolano, se realiza un estudio de tendencia sobre la revalorización y tratamiento de *Eichhornia crassipes* a través de una búsqueda de documentos de patentes para el periodo 2017 - 2021. Se determinó que China es el país predominante con una mayor cantidad de invenciones referente al control y revalorización del Jacinto de agua. Así mismo, la tendencia en cuanto a patentamiento de tratamiento de *Eichhornia crassipes* ha aumentado 40 % en los registros del 2021 con respecto al 2018, mientras que el enfoque sobre la revalorización para la producción de pienso animal y fertilizante han presentado una disminución durante 2017 - 2021.

**Palabras clave:** *Eichhornia crassipes*, Jacinto de agua, revalorización, tendencia.



**Recibido:** 3 de agosto del 2023  
**Aceptado:** 10 de noviembre del 2023  
**Publicado:** 8 de enero del 2023  
**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.  
**DOI:** 10.5281/zenodo.10723874  
**\*Autor para correspondencia:**  
Natasha Tellería  
**e-mail:** [ntelleria.cntq@gmail.com](mailto:ntelleria.cntq@gmail.com)



Estudio de tendencia

## Control and enhancement of *Eichhornia crassipes*

José Izaguirre<sup>1</sup> , Yvelit Guerrero<sup>1</sup> , Natasha Telleira<sup>1\*</sup> , Héctor Rodríguez<sup>1</sup> , Magaly Henríquez<sup>1</sup> .

<sup>1</sup> Gerencia de proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación I+D+i. Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ)

### Abstract

The water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is a harmful macro organism that endangers the quality of water resources. Due to its rapid reproduction, it covers the surface of bodies of water and prevents the penetration of sunlight into it. In addition, when it decomposes, it creates anaerobic conditions that intensify the release of gases such as methane. However, the plant is also famous for many potential industrial applications. Therefore, to contribute to the quality of water at the national level and with a view to sustainable development in Venezuela, a trend study is carried out regarding the revaluation and treatment of *Eichhornia crassipes* through a search of patent documents for the period of 2017 - 2021. It was determined that China is the predominant country with the largest number of inventions regarding controlling and revaluating the water hyacinth. Likewise, the trend in terms of patenting regarding the treatment of *Eichhornia crassipes* has increased by 40 % in the registrations of 2021 concerning 2018, while the focus on the revaluation for the production of animal feed and fertilizer has presented a decrease during 2017 - 2021.



**Received:** August 3, 2023

**Accepted:** November 10, 2023

**Published:** January 8, 2023

**Conflict of interest:** the authors declare that there are no conflicts of interest.

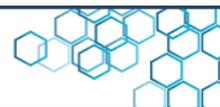
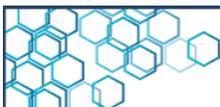
**DOI:** 10.5281/zenodo.10723874

**\*Corresponding author:**

Natasha Tellería.

**e-mail:** [ntelleria.cntq@gmail.com](mailto:ntelleria.cntq@gmail.com)

**Keywords:** *Eichhornia crassipes*, Water Hyacinth, revaluation, trend.



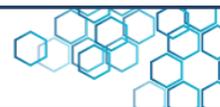
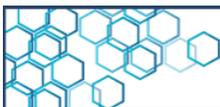
## 1. Introducción

El lirio acuático o Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) es un macroorganismo nocivo, que provoca un fuerte impacto al agua, a la salud humana y al desarrollo económico [1]. El Jacinto de agua crece en cuerpos de agua con abundantes nutrientes y soporta condiciones ambientales extremas con variaciones considerables en temperatura, salinidad y pH, lo que favorece que el organismo invada los sistemas de agua dulce de los cinco continentes. Según los modelos de cambio climático, el lirio puede expandirse a latitudes más altas a medida que aumentan las temperaturas [2,3,4].

La presencia del *Eichhornia crassipes* en los ecosistemas de agua dulce pone en peligro la calidad del agua debido a su rápida reproducción y alta tasa de crecimiento [5], cubre la superficie del cuerpo de agua e impide la penetración de la luz solar en el mismo, además, al perecer se descompone en grandes cantidades, promoviendo condiciones anaeróbicas e intensifica la liberación de gases como el metano [6].

No obstante, la planta también es conocida por una diversidad de aplicaciones industriales potenciales como agente de fitorremediación, debido a su capacidad para crecer en aguas residuales, acumular metales, radionúclidos, nano partículas de plata y otros contaminantes [7]. Incluso se puede usar para la producción de energía por combustión, como decolorante en aguas residuales o una fuente alternativa de combustible [8].

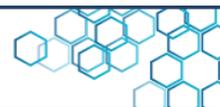
Por ende, para contribuir con la calidad de agua a nivel nacional y con miras al desarrollo sustentable venezolano, se realiza el presente



documento con el objetivo de identificar las tendencias en las innovaciones referentes a la revalorización y tratamiento de *Eichhornia crassipes* a través de una búsqueda de documentos de patentes para el periodo 2017 - 2021. La información recopilada permitirá ofrecer un abanico de posibilidades para tratar la macrofita en los cuerpos de aguas venezolanos o darle un valor agregado aprovechando su rápida reproducción y crecimiento, mediante su transformación en productos útiles.

## 2. Metodología

La estrategia de búsqueda en primera instancia consistió en identificar palabras claves relacionadas al tratamiento y revalorización de *Eichhornia crassipes*. Posteriormente, se procedió a construir las ecuaciones de búsqueda, utilizando los términos generales identificados, los operadores Booleanos (AND, OR, NOT) y de truncamiento (\* / "). Las ecuaciones establecidas que aparecen en la Tabla 1, se aplicaron en la plataforma The Lens® en noviembre del 2022, para la búsqueda de las palabras claves en el título, resumen y reclamaciones de las palabras en los documentos de propiedad intelectual publicados desde el año 2017 hasta el 2021, con el objeto de obtener información de las tendencias en las tecnologías sobre tratamiento y revalorización del lirio. Se obtuvieron 180 documentos referentes a tratamiento de lirio y 363 orientados a su revalorización, de los cuales se eliminaron las familias quedando 161 y 351



respectivamente. Los resultados fueron analizados y categorizados según los objetivos de las invenciones.

**Tabla 1.** Ecuaciones y filtros aplicados en la búsqueda

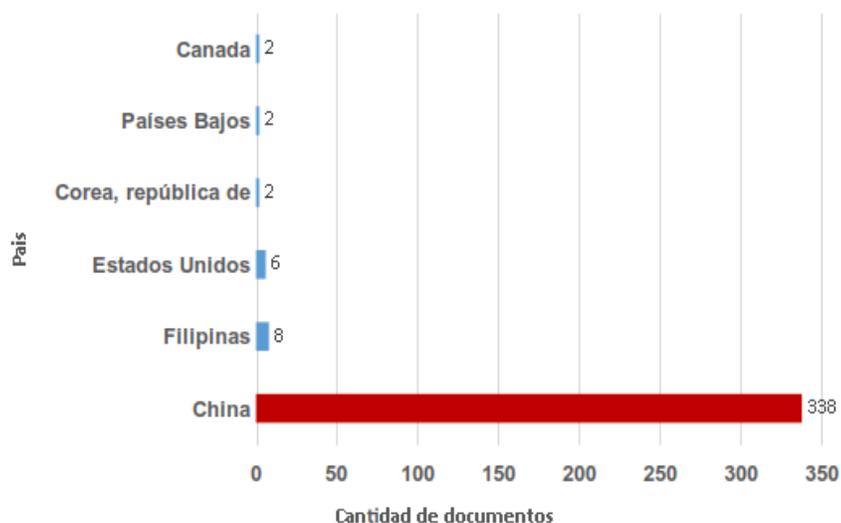
Ecuación	Filtro	Resultados
((("Eichhornia crassipes" OR "Water Hyacinths" OR "Water Hyacinth") AND (valu* OR benefit* OR biofuel* OR bioenergy OR feed OR Biochar OR fertilizer*)) NOT (("Rearing Method" OR "breeding method" OR seedling OR "blue algae") OR (title: Device OR title: equipment OR ship OR boat OR class_ipcr.symbol:(E02B15\32) OR class_ipcr.symbol:(B63B35\32))))	Año 2017 - 2021 Buscar en el título, resumen y	352
((("Eichhornia crassipes" OR "Water Hyacinths" OR "Water Hyacinth") AND (Remov* OR Mitigat* OR Treat* OR Control*)) NOT (Sewage OR wastewater OR wetland OR title: Biodiesel OR title: biochar OR title: fertilizer OR title: Biofuel OR title: Carbon OR title: Powder OR title: cultivat* OR title: breed* OR class_ipcr.symbol:(C02F3\32) OR class_ipcr.symbol:(A0136\88) OR class_ipcr.symbol:(A23K10\00) OR class_ipcr.symbol:(A23K10\30) OR class_ipcr.symbol:(C05G31\00) OR class_ipcr.symbol:(A23K50\00)))	reclamaciones, Solo una patente por familia Descartar patentes sin título o resumen/	161

### 3. Resultados

#### 3.1. Tendencia tecnológica en la revalorización de *Eichhornia crassipes*

##### 3.1.1 Países líderes en la publicación de patentes

La República Popular de China se presenta como el país predominante referente las invenciones relacionadas a revalorización de *Eichhornia crassipes*, con el 93,11 % de documentos, seguido por Filipinas con 2,20 % y Estados Unidos con el 1,65 %, como se puede ver Figura 1.



**Figura 1.** Cantidad de patentes por país sobre revalorización de *Eichhornia crassipes* (2017-2021).

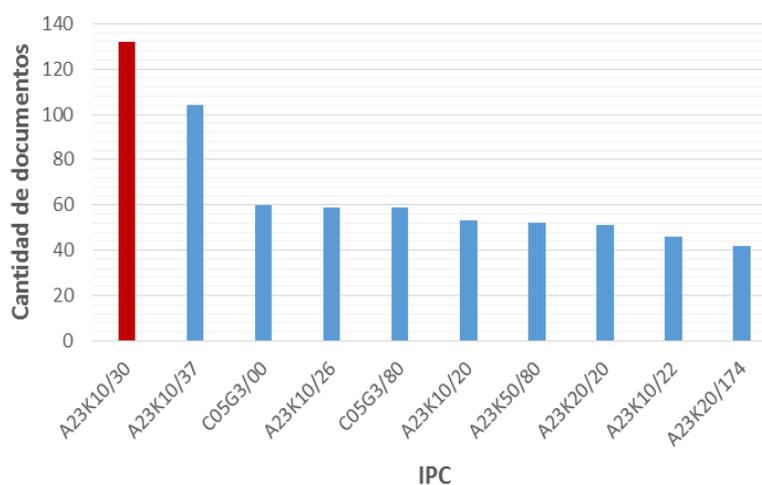
El Jacinto de agua o *Eichhornia crassipes* se introdujo en China en la década de 1930 [9]. Para 1940, se encontraba solamente en las provincias de Taiwán, Guangxi y Guangdong. Sin embargo, en 2004 la macrofitas había infestado los cuerpos de agua de 19 provincias del país asiático, debido a su alta tasa de reproducción y propagación [10].

En la actualidad, se ha reportado que, en China, el Jacinto de agua redujo la biodiversidad acuática autóctona, alterando los alimentos y ciclos biogeoquímicos. De esta forma, causando el deterioro del funcionamiento y los servicios de los ecosistemas de numerosos cuerpos de agua. Por ejemplo, el Jacinto de agua ha cubierto alrededor de dos tercios de la superficie del agua del lago Caohai, resultando en el deterioro del ambiente acuático, disminución de las poblaciones de peces y expansión de vectores de enfermedades como mosquitos y moscas. También obstruye la navegación en Huangpu y daña el riego e

instalaciones hidroeléctricas [10]. Los impactos del Jacinto y su necesidad de aprovechamiento explican el interés del país en el tema.

### 3.1.2. Áreas de conocimiento

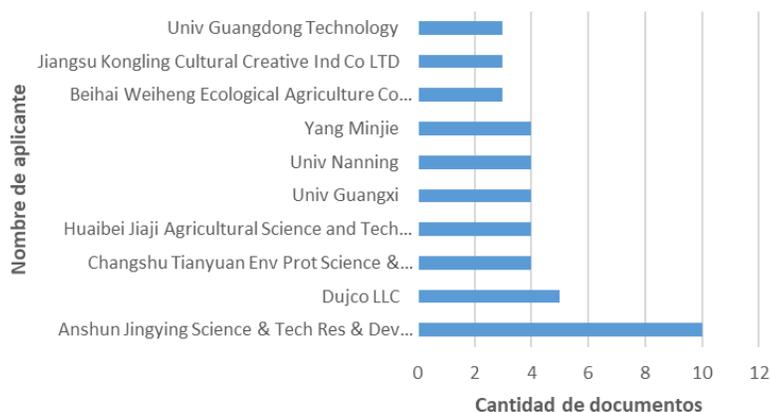
Los códigos de la Clasificación de Internacional de Patentes (en inglés IPC) más utilizados en los documentos de propiedad intelectual obtenidos, reflejan que el código predominante es A23K10/30 que abarca materias primas de origen vegetal con 132 solicitudes y patentes, seguido de A23K10/37 que especifica la producción a partir de residuos, como se muestra en la Figura 2, con 104 documentos. Ambos códigos se asocian a la revalorización del Jacinto de agua para la elaboración de productos de valor.



**Figura 2.** Códigos IPC obtenidos en la búsqueda revalorización de *Eichhornia crassipes* (2017-2021).

### 3.1.3. Instituciones aplicantes predominantes referente a la revalorización de *Eichhornia crassipes*

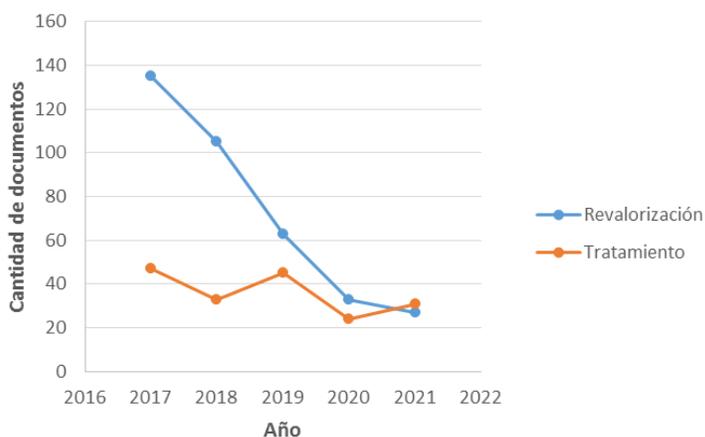
Los aplicantes más prominentes según la cantidad de documentos referentes a revalorización de *Eichhornia crassipes* se muestran en la Figura 3, donde la empresa Anshun Jingying Science & Tech Res & Dev Co. LTD destaca como predominante con 10 documentos sobre fertilizantes a partir de jacinto de agua. Seguido de Dujco LLC, que se especializa en productos químicos para su uso en agricultura, horticultura y silvicultura, así como, de extracto de algas marinas para aplicación como enmienda de plantas y suelos, enraizamiento, y posee 5 patentes sobre bioestimulantes que emplean como componente Jacinto de agua y la empresa Changshu Tianyuan Env. Prot. Science & Tech Co Ltd con cuatro patentes sobre fertilizantes y abonos.



**Figura 3.** Instituciones aplicantes predominantes durante 2017 - 2021 referente a invenciones sobre revalorización de *Eichhornia crassipes*

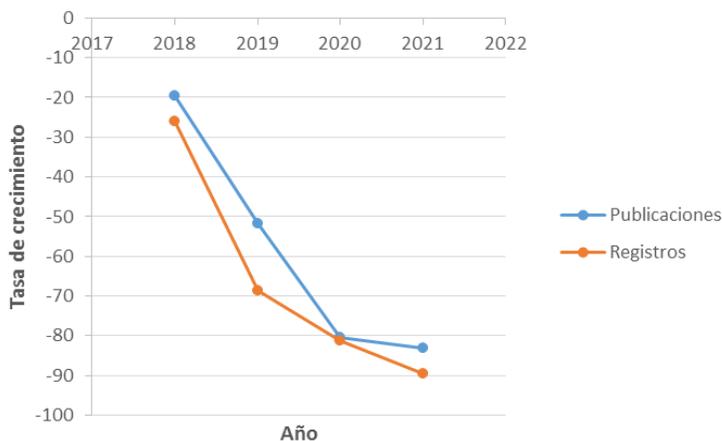
### 3.1.4. Tasa de crecimiento y orientación tecnológica de las patentes

Un análisis a las orientaciones tecnológicas del universo de patentes obtenido mostró una disminución asociado al campo de la revalorización de la macrofitas, como se muestra en la Figura 4.



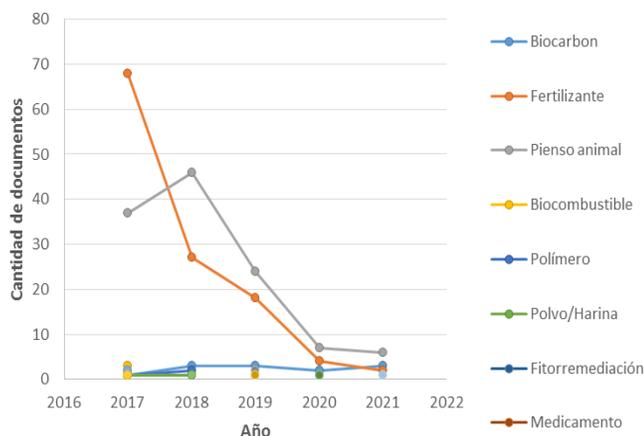
**Figura 4.** Orientaciones tecnológicas de los documentos de patentes durante 2017 – 2021 referente al control y revalorización de *Eichhornia crassipes*.

La tendencia a la disminución ha presentado una continua reducción desde el 2017 al 2021 con un decrecimiento del 83 % de publicaciones, del mismo modo los registros de documentos de patente se han reducido hasta un 89 % con respecto al 2018, véase Figura 5. Lo que puede indicar una ausencia de interés en las tecnologías de revalorización del lirio.

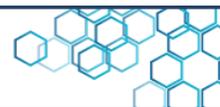
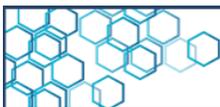


**Figura 5.** Tasa de crecimiento en patentes sobre revalorización de *Eichhornia crassipes* 2017 - 2021

En un estudio más detallado de la tendencia en revalorizaciones de *Eichhornia crassipes*, se observó que el cambio o disminución en los documentos era principalmente en patentes con relación a elaboración de fertilizantes y piensos animales (Figura 6).



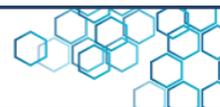
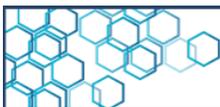
**Figura 6.** Orientaciones de revalorización de *Eichhornia crassipes* en los documentos de patentes durante 2017 - 2021.



La biomasa del lirio es rica en nutrientes, con proteína cruda de 10 a 20 %, por lo que existe bibliografía que establece su uso como reemplazo total o parcial del alimento y forraje animal [11]. No obstante, se ha demostrado que el Jacinto de agua puede contener cristales de oxalato de calcio en forma de aguja, que pueden causar daños en el tracto digestivo. Además, son responsables de la baja palatabilidad del alimento [12,13]

Un estudio sobre el empleo de la macrofitas como alimento para Tilapia del Nilo, indicó efectos anormales relacionados al aumento de la proporción de Jacinto de agua en la dieta. En los sujetos experimentales alimentados con una dieta que contenía un 20 % de *Eichhornia crassipes*, se encontraron efectos leves en la vena central hepática y los hepatocitos. Del mismo modo, el hígado de peces alimentados con una dieta que contenía un 30 % del lirio mostró agregación de monocitos y necrosis leve de los hepatocitos dentro de los lóbulos hepáticos y pequeñas vacuolas estaban presentes en los lóbulos hepáticos [14]. Otro estudio más reciente evaluó el potencial de la planta como alimento para el desarrollo y la digestibilidad de *Ctenopharyngodon idella*. Se concluyó que mientras que la harina de hojas tuvo la mayor ganancia de peso (7,14 g), una evaluación histológica reveló que los riñones de los peces tenían degeneración de los túbulos renales, daño necrótico en las células epiteliales tubulares y lisis tubular [15].

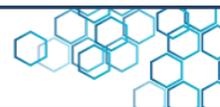
Además, el contenido de humedad del Jacinto de agua puede llegar al 90 %, por lo que es difícil transportarlo directamente sin secarlo y almacenarlo. Sin embargo, diversos autores establecen que el valor nutritivo por unidad de materia seca es demasiado bajo para justificar el costo del secado artificial [13,16]. Por lo que la disminución de



patentamiento en cuanto a la producción de alimento animal puede ser atribuida a los problemas derivados a su consumo y procesamiento.

Así mismo, *Eichhornia crassipes* contiene elementos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, lo que la hace apropiada para su uso como mantillo, compost o vermicompostaje [17]. Sin embargo, existe la hipótesis de que el uso del lirio como biofertilizante puede dar lugar a que las plantas tengan una acumulación de metales pesados. En un estudio reciente se utilizaron bloques aleatorios con cinco tipos de tratamientos estiércol de corral (FYM), fertilizante inorgánico (NPK), FYM + NPK, vermicompost (VC) + NPK y compost de tambor de Jacinto de agua (WHDC + NPK) para evaluar la calidad del suelo y el crecimiento del cultivo de tomates y repollo. Si bien, el rendimiento del repollo y los tomates fue mejor con WHDC+ NPK y VC + NPK, los cultivos tratados con compost de tambor de Jacinto de agua poseen niveles significativos de metales pesados, por lo que los autores concluyen que la absorción elevada de iones metálicos ( $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{+}$  y  $Pb^{2+}$ ) es el principal problema de toxicidad que debe abordarse antes de usarse a gran escala [18]. Un aprovechamiento que pueden tener los lirios contaminados con metales pesados se muestra en la patente US2018/0178262A1, la cual presenta un método donde los iones de metales pesados adsorbidos en la planta se utilizan como componente básico de una reacción enzimática anaeróbica para promover el crecimiento de bacterias del metano, lo que permitiría aprovechar los lirios contaminados para producir energía.

No obstante, investigaciones más recientes sobre *Eichhornia crassipes*, detectaron oportunidades de investigación y desarrollo en el aprovechamiento de la biomasa vegetal para satisfacer la demanda

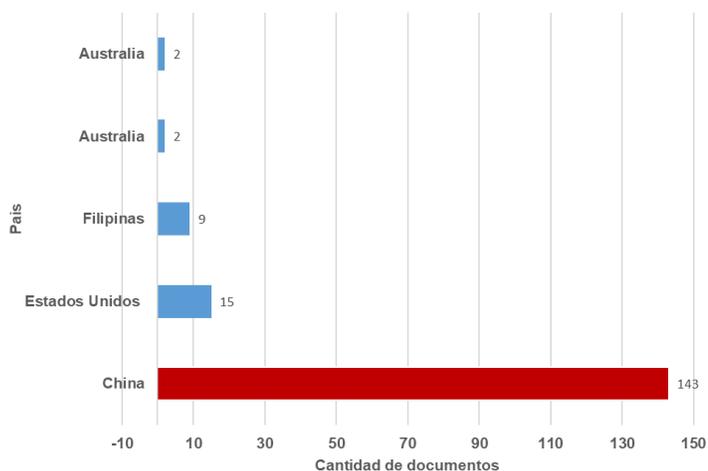


mundial de plásticos [8]. La celulosa del Jacinto de agua se ha utilizado para fabricar polihidroxibutirato (PHB), un recurso para los bioplásticos, películas de embalaje biodegradables, tecnología de liberación controlada (hidrogel) [17]. Además, se ha reportado el uso de lirio para la generación de ácido láctico. Si se produce poliácido láctico como biopolímero para diversas aplicaciones, entre ellas, la impresión 3D podría constituir una solución a varias necesidades maximizando el aprovechamiento de la planta [19].

## 3.2 Tendencia tecnológica en el tratamiento de *Eichhornia crassipes*

### 3.2.1 Países líderes en invenciones sobre *Eichhornia crassipes*

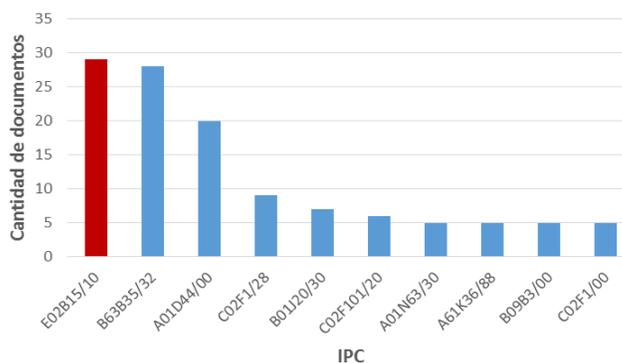
China se mantiene como país predominante en invenciones, tratamiento de lirio acuático con 79,4 % de los documentos de patentes, como se puede observar en la Figura 7. Seguido por Estados Unidos con 8,3 % y Filipinas con 5 %. El interés del país asiático en el tratamiento del Jacinto de agua, puede ser derivado de los problemas anteriormente mencionados.



**Figura 7.** Cantidad de patentes por país sobre control y tratamiento de *Eichhornia crassipes* (2017-2021).

### 3.2.2 Áreas de conocimiento

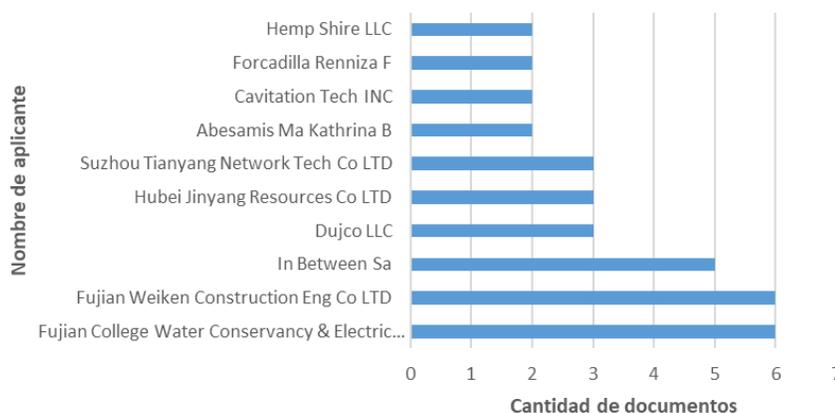
El código predominante de la búsqueda referente al tratamiento de Jacinto de agua es E02B15/10 con 29 documentos que abarca patentes en las que se emplee dispositivos para la remoción de material en la superficie de cuerpos de agua como método de control (Figura 8).



**Figura 8.** Códigos IPC obtenidos en la búsqueda de control y tratamiento de *Eichhornia crassipes* (2017-2021)

### 3.2.3 Instituciones aplicantes predominantes referente a la revalorización de *Eichhornia crassipes*

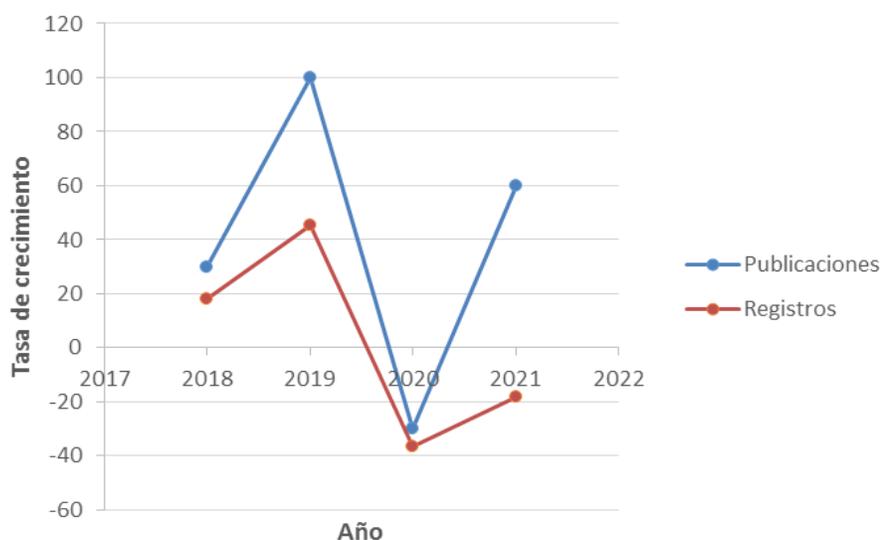
Con respecto a tratamiento de *Eichhornia crassipes*, la empresa predominante es Fujian College of Water Conservancy and Electric Power, dedicada a servicios técnicos y consultoría para la conservación del agua, la electricidad, la conservación del suelo y el agua, etc. Con 6 patentes sobre embarcaciones para la eliminación del lirio, seguido por Fujian Jiutian Construction Engineering Co. Ltd. Dedicada a la ingeniería de construcción de vivienda, ingeniería pública municipal, ingeniería vial, entre otras. Con 6 documentos sobre extracción mecánica del Jacinto de agua, y In Between Sa, empresa especializada en el tratamiento innovador y sostenible de *Eichhornia crassipes*, posee patentes sobre recolección y control del lirio (Figura 9).



**Figura 9.** Aplicantes predominantes durante 2017 - 2021 referente a invenciones sobre tratamiento de *Eichhornia crassipes*.

### 3.2.4. Orientación tecnológica de las patentes y tasa de crecimiento

Por otro lado, los documentos relacionados al tratamiento del lirio acuático han presentado para el 2021 un crecimiento del 40 % con respecto al 2018, y 18 % con respecto al 2020 (Figura 10).

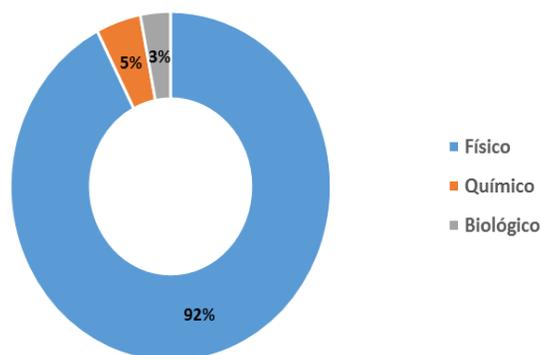


**Figura 10.** Tasa de crecimiento en patentes sobre tratamiento de *Eichhornia crassipes* 2017 - 2021

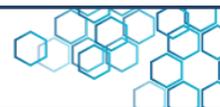
Los métodos de tratamiento de *Eichhornia crassipes* se pueden clasificar en tres grandes grupos: físicos/mecánico, químicos y biológicos. El tratamiento mecánico consiste en el corte *in situ* y el acarreo de Jacinto de agua de la vía fluvial utilizando la mano o maquinaria. Incluyen las técnicas no contaminantes más eficientes porque la planta se recupera sin la introducción de agentes químicos o biológicos [20]. El método de tratamiento químico hace uso de

sustancias como herbicidas para controlar la biomasa de la macrofitas en los cursos de agua, lo cual se ha practicado durante muchas décadas. Sin embargo, a menudo se asocian con la contaminación secundaria [21]. El control biológico es una técnica clásica que implica el uso de insectos, bacterias y hongos para eliminar el Lirio acuático. Es una alternativa a los programas de control mecánico y químico que evitan la introducción de elementos tóxicos en el ambiente, además no requieren mucha mano de obra ni equipos [6]. No obstante, el tiempo de efecto del control biológico es el más lento de los tres.

La tendencia en invenciones referentes al control y tratamiento de *Eichhornia crassipes* durante el periodo 2017 - 2021, se orientó hacia la aplicación de tratamientos físicos (Figura 11). El 92 % del total de patentes abarcan la recolección y tratamiento a través de equipos, 5 % se enfocan en la adición de un herbicida y 3% se orientan en la aplicación de microorganismos.



**Figura 11.** Orientaciones de control y tratamiento de *Eichhornia crassipes* en los documentos de patentes durante 2017 - 2021

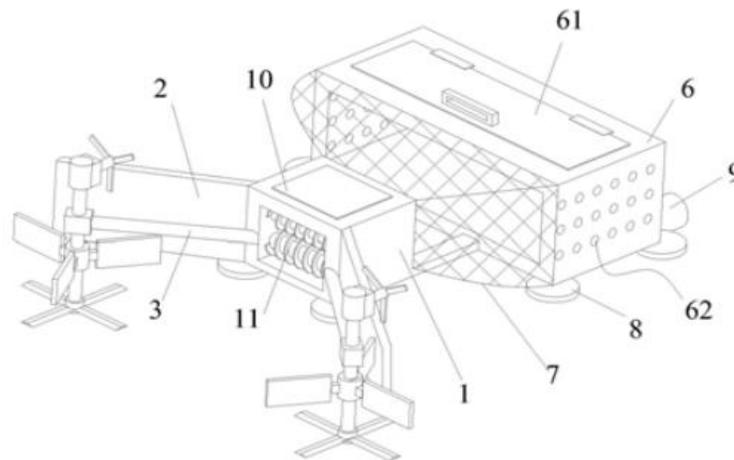


A continuación, se presentan las invenciones con mayor relevancia de los distintos tratamientos aplicados a *Eichhornia crassipes*.

### 3.2.4.1 Patentes relevantes referentes al tratamiento

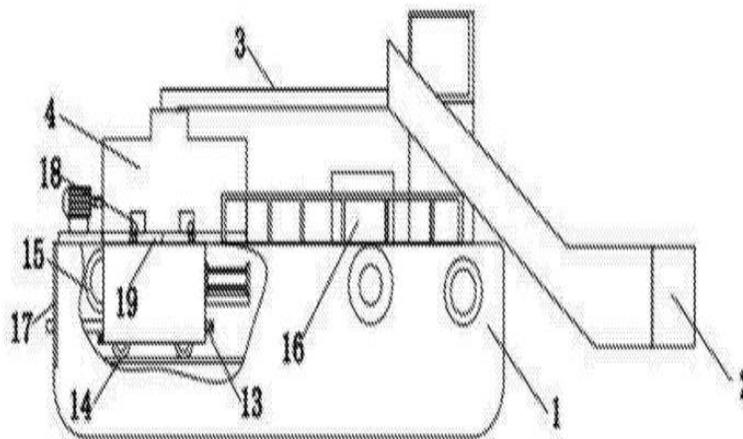
#### Mecánico/físico

El CN209693467U divulga un dispositivo de limpieza de Jacinto de agua. El modelo de utilidad consta de una caja de trituración, una placa guía y una varillas instaladas de forma fija a ambos lados del extremo frontal de la caja de trituración, ubicada entre las dos placas guía, el extremo de la varilla de instalación está provisto de un primer bloque, el extremo inferior del bloque de instalación está provisto de una pluralidad de cuchillas de corte, el extremo posterior de la caja de trituración está conectado de forma fija con una caja de recolección a través de una biela, una red está instalada de manera fija entre la trituración caja y la caja colectora, y un extremo de la red está conectado fijamente al extremo de la caja de trituración. La invención resuelve el problema con las proliferaciones masivas de Jacinto de agua y el problema del procesamiento manual. El modelo está provisto de una placa guía y una hoja de ventilador, y la rotación de la hoja del ventilador empuja el Jacinto de agua cortado hacia la caja de trituración y entra en la caja de trituración a lo largo de la placa guía, lo cual es conveniente para la recolección [22]. La red es liviana, lo que puede reducir el peso del equipo



**Figura 12.** Recolector de Jacinto de agua. Fuente: [22].

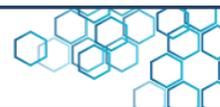
La solicitud de patente CN107878694A refiere a un barco para recolección de Jacinto de agua, que comprende un casco; un mecanismo de salvamento que está dispuesto en el extremo delantero del casco; una cinta transportadora, un contenedor de basura y un mecanismo de trituración y deshidratación ubicados en el extremo trasero del casco; el extremo delantero de la cinta transportadora está conectado con el mecanismo de salvamento, y el extremo trasero de la cinta transportadora está ubicado sobre el mecanismo de trituración y deshidratación; la caja de basura está ubicada debajo del cinta transportadora [23]. En la invención, el Jacinto de agua puede ser triturado y deshidratado, reduciendo la carga en el casco, y la caja de deshidratación móvil puede transportar el Jacinto de agua tratado fuera de la cabina de manera conveniente y rápida.



**Figura 13.** Barco de recolección de Jacinto de agua. Fuente: [23].

### 3.2.4.2 Patentes relevantes referentes al tratamiento químico

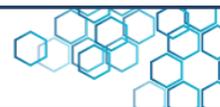
La solicitud de patente CN112825857AB proporciona un plaguicida para prevenir y tratar el Jacinto de agua, que comprende un agente de mezcla de ácido nonanoico y aceite de parafina: tetracloruro de dimetilo de sodio: un agente auxiliar de prevención de vuelo y agua en relación de porcentaje de masa (660-700): (15-25): (95-105): (9100-9250) respectivamente [24]. El pesticida y el método de control proporcionados por la invención, no solo logran un efecto de control del Jacinto de agua más eficiente con una tasa de marchitamiento de la planta de del 98 % después de 7 días, sino que también aseguran mejor la ecología del agua y la seguridad del entorno circundante y reduce el costo de control.



La invención observada en US2019/0357530A1 describe perlas que comprenden en total, sus sales o derivados atrapados en un complejo de alginato [25]. La descripción se refiere a un proceso para preparar composiciones herbicidas de perlas de alginato y un método para controlar algas y malas hierbas acuáticas utilizando las mismas. Además, se proporciona un sistema de suministro seguro de herbicidas, para el control de malas hierbas acuáticas, que comprende la composición en perlas con efectividad a los 5 días de aplicación.

#### **3.2.4.3. Patentes relevantes referentes al tratamiento biológico**

La solicitud de patente CN113122457A proporciona una nueva fruta antracnosis F11 conservada en CGMCC con un número de conservación de CGMCC No. 21933, una preparación de la misma y una aplicación para controlar el Jacinto de agua. El esquema técnico mencionado anteriormente incluye al menos los siguientes efectos beneficiosos: se proporciona una nueva fruta antracnosis F11 y su agente bacteriostático que se conservan en CGMCC y cuyo número de conservación es CGMCC No. 21933. El hongo de la antracnosis F11, puede inhibir eficazmente la reproducción del Jacinto de agua de manera específica y no tiene ningún efecto adverso en otras plantas y cuerpos de agua [26].



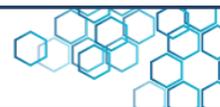
## 4. Conclusiones

China es el país predominante en las invenciones de revalorización y tratamiento desde el 2017 hasta el 2021. Los documentos de propiedad intelectual referente al tratamiento de *Eichhornia crassipes* presentaron un crecimiento del 40 % con respecto al 2018, el 92 % de las invenciones referentes al control y remoción de Jacinto de agua a través de métodos mecánicos/físicos, seguido de los químicos con 5 % y el biológicos con 3 %. En estos predominan la incorporación de dispositivos en los barcos para la recolección del lirio, herbicidas y hongos para su eliminación selectiva. No obstante, invenciones sobre aprovechamiento del lirio han sufrido un decrecimiento del 83 % para publicaciones, y 89 % para los registros originados por los documentos orientados a la producción de pienso animal y fertilizante, debido a los problemas referente a baja palatabilidad, costos y toxicidad asociados a la planta. No obstante, investigaciones más recientes sobre *Eichhornia crassipes*, detectaron oportunidades de investigación y desarrollo en el aprovechamiento de la biomasa vegetal para satisfacer la demanda de plásticos.

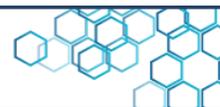
## 5. Referencias

[1]. Malik, A. (2007). Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. *Environment International*, 33(1), 122-138.

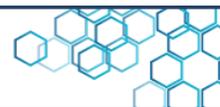
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.08.004>



- [2]. Hellmann, J. J., Byers, J. E., Bierwagen, B. G., & Dukes, J. S. (2008). Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation Biology*, 22(3), 534–543. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00951.x>
- [3]. Rahel, F. J., & Olden, J. D. (2008). Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation Biology*, 22(3), 521–533. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00950.x>
- [4]. Rodríguez-Gallego, L. R., Mazzeo, N., Gorga, J., Meerhoff, M., Clemente, J., Kruk, C., Scasso, F., Lacerot, G., García, J., & Quintans, F. (2004). The effects of an artificial wetland dominated by free-floating plants on the restoration of a subtropical, hypertrophic lake. *Lakes and Reservoirs*, 9(3–4), 203–215. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2004.00245.x>
- [5]. Havel, J. E., Kovalenko, K. E., Thomaz, S. M., Amalfitano, S., & Kats, L. B. (2015). Aquatic invasive species: challenges for the future. *Hydrobiologia*, 750(1), 147–170. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2166-0>
- [6]. Rodríguez-Lara, J. W., Cervantes-Ortiz, F., Arambula-Villa, G., Mariscal-Amaro, L. A., Aguirre-Mancilla, C. L., & Andrio-Enríquez, E. (2021). Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión. *Agronomía mesoamericana: órgano divulgativo del PCCMCA, Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Animales*, 33(1),1-12. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44201>
- [7]. Karouach, F., Ben Bakrim, W., Ezzari, A., Sobeh, M., Kibret, M., Yasri, A., Hafidi, M., & Kouisni, L. (2022). A comprehensive evaluation of the existing approaches for controlling and managing the proliferation of Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): Review. *Frontiers in environmental science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.767871>



- [8]. Sierra-Carmona, C. G., Hernández-Orduña, M. G., & Murrieta-Galindo, R. (2022). Alternative uses of water hyacinth (*Pontederia crassipes*) from a sustainable perspective: A systematic literature review. *Sustainability*, 14(7), 3931. <https://doi.org/10.3390/su14073931>
- [9]. Ding, J., Wang, R., Fu, W., and Zhang, G. (2001). Water Hyacinth in China: Its Distribution, Problems and Control Status.
- [10]. Lu, J., Wu, J., Fu, Z., & Zhu, L. (2007). Water hyacinth in China: a sustainability science-based management framework. *Environmental Management*, 40(6), 823–830. <https://doi.org/10.1007/s00267-007-9003-4>
- [11]. Biswas, P.; Mandal, L. (1988). Use of fresh water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the ration of growing calves. *Indian Vet. J.* 65, 496–500.
- [12]. Franceschi, V. R., Horner, H. T. Jr. (1980). Calcium oxalate crystals in plants. *The Botanical Review*, 46 (4): 361-427. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02860532>
- [13]. Su, W., Sun, Q., Xia, M., Wen, Z., & Yao, Z. (2018). The resource utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [mart.] Solms) and its challenges. *Resources*, 7(3), 46. <https://doi.org/10.3390/resources7030046>
- [14]. Abdelhamid, AM., Magouz, FI., El-Mezeen, MIB., Abd El-Khalik, AE., El-Sayed Khlaf Allah, MM., Ahmed, EMO. (2010). Effect of source and level of dietary water hyacinth on Nile tilapia *Oreochromis Niloticus* - Histopathology. *Aquaculture*.
- [15]. Mahmood, S., Khan, N., Iqbal, K.J., Ashraf, M., Khalique, A. (2018). Evaluation of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) supplemented diets on the growth, digestibility and histology of grass carp



(Ctenopharyngodon idella) fingerlings. J. Appl. Anim. Res, 46(1), 24–28.

<https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1256291>

[16]. Göhl, B., (1982). Les aliments du bétail sous les tropiques. FAO, Division de Production et Santé Animale, Roma, Italy.

[17]. Ilo, OP., Simatele, MD., Nkomo, SL., Mkhize, NM., Prabhu NG. (2020). The [19].Benefits of Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) for Southern Africa: A Review. Sustainability; 12 (21), 9222.

<https://doi.org/10.3390/su12219222>

[18]. Goswami, L., Nath, A., Sutradhar, S., Bhattacharya, S. S., Kalamdhad, A., Vellingiri, K., Kim, K.-H. (2017). Application of drum compost and vermicompost to improve soil health, growth, and yield parameters for tomato and cabbage plants. J. Environ. Manag. 200, 243–252.

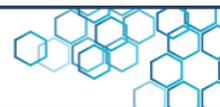
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.073>

[19]. Mu Xiaoling , Chang Le , Zhao Yafei , Wang Shu , Meng Yao , Cao Shuguang. Method for preparing lactic acid by using water hyacinth as raw material. (Patente de China. No. CN112646843A).

[20]. Villamagna, A. M., Murphy, B. R. (2010). Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (Eichhornia crassipes): a review. Freshwater Biol. 55(2), 282-298. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02294.x>

[21]. Adelodun, A. (2022). Appraising the Control and Benefits of Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes [Mart.] Solms). Applied NanoBioScience. 12 (1). <https://doi.org/10.33263/LIANBS121.029>

[22]. Jiang, Y; Liu, G. 2019. A kind of water hyacinth cleaning plant. (Patente de China. No. CN209693467U). Oficina de la Agencia de Patentes de Lianyungang Lianchuang



[23]. Lyu, X. 2018. A kind of water hyacinth rescue vessel. (Patente de China. No. CN107878694A).

[24]. Zhang, W., Huang, F. 2021. Pesticide for preventing, treating water hyacinth, preventing, and treating method thereof. (Patente de China. No. CN112825857A). Guangzhou Sanhuan Patent and Trademark Agency Co., Ltd.

[25]. Jadhav, P., Skorczyns, S., Shroff, J., Shroff, V. 2019. Bead compositions for aquatic weed control. (Patente de Estados Unidos. No. US2019/0357530A1)

[26]. Lin, Z., Huang, W., Chen, J., Zhang, Z., Jiang, X. 2021. Fruit-borne anthrax F11, preparation thereof, and application of water hyacinth treatment. (Patente de China. No. CN113122457A). Fang Yuan Lin Xiangxiang.