

Trend study: technologies for the recycling of wastewater

Jiraleiska Hernández, Samuel Villanueva*, Magaly Henríquez

Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación, Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela

Abstract.- Wastewater due to the volumes generated, the infrastructure they require and the investment necessary to carry out an adequate treatment have always been considered a complex issue to address. Fortunately, this concept has changed and the industry is starting to see a sustainable and sustainable source of energy, nutrients and organic matter in wastewater. Recognizing the importance of its collection, treatment, reuse and recycling as an intelligent strategy in the reduction of production costs and in the generation of new materials from virgin waste. This work shows the products that can be obtained from urban and industrial wastewater, based on the information contained in PatentInspiration® patent platform and under a search equation that allowed to extract invention documents for the period 2012 to 2017, generating productivity indicators according to year, country, institution and codes of International Patent Classification (CIP) that will serve to identify successful experiences with possible application in the national territory. Actions that show a change in the global paradigm in the management of wastewater, from treatment and elimination to contemplate the reuse, recycling and / or obtaining products with greater added value as a concern of society for the exploitation and rationing of our natural resources in the face of a climate change situation accelerated by the current consumption system.

Keywords: wastewater; recycling; patents; technological trends.

Estudio de Tendencia: tecnologías para el reciclaje de las aguas residuales

Resumen.- Las aguas residuales por los volúmenes generados, la infraestructura que requieren y la inversión necesaria para llevar a cabo un adecuado tratamiento de las mismas, han sido siempre consideradas como un tema complejo de abordar. Afortunadamente, tal concepto ha cambiado y la industria comienza a visualizar en las aguas residuales como una fuente rentable y sostenible de energía, nutrientes y materia orgánica. Reconociendo la importancia de su recolección, tratamiento, reutilización y reciclaje como una estrategia inteligente en la reducción de costos de producción y en la generación de nuevos materiales a partir de desechos vírgenes. El presente trabajo muestra los productos que se pueden obtener de las aguas residuales urbanas e industriales, a partir de la información contenida en plataforma de patentes PatentInspiration® y bajo una ecuación de búsqueda que permitió extraer documentos de invención para el periodo 2012 al 2017, generando indicadores de productividad según año, país, institución y códigos de Clasificación Internacional de Patentes (CIP) que servirán para identificar experiencias exitosas con posible aplicación en el territorio nacional. Acciones que evidencian un cambio de paradigma mundial en la gestión de las aguas residuales, pasando del tratamiento y eliminación a contemplar la reutilización, reciclado y/o la obtención de productos de mayor valor añadido como preocupación de la sociedad por la explotación y racionamiento de nuestros recursos naturales ante una situación de cambio climático acelerada por el sistema actual de consumo.

Palabras clave: aguas residuales; reciclaje; patentes; tendencias tecnológicas.

Recibido: 18 de marzo, 2019.

Aceptado: 31 de julio, 2019.

1. Introducción

El agua es un recurso fundamental para la vida tanto de los seres humanos como del resto de las

especies en la tierra. Con un planeta cada vez más poblado y el cambio climático haciendo estragos en muchas partes del mundo, la gestión, conservación y acceso al agua en buenas condiciones es cada vez más difícil, sobre todo en los países en desarrollo [1]. En la actualidad, se estima que hay 3.600 millones de personas (casi la mitad de la población mundial) que viven en áreas con riesgo de sufrir escasez de agua al menos un mes al año, y esta población podría llegar a alcanzar entre 4.800

*Autor para correspondencia:

Correo-e: publicacionesgpidi.cntq@gmail.com (S. Villanueva)

y 5.700 millones en 2050.

Adicionalmente, cerca del 22 % del uso total del agua en el mundo está destinada para funcionamiento de la industria de aluminio, automotriz, química, procesadora de alimentos, minería, petróleo, acero, textil, pulpa y papel; de acuerdo con esto se espera un incremento de la demanda del recurso hídrico 1,6 veces más para el 2025, pasando de 752 km³/año en 1995 a 1.170 km³/año en 2025 [1, 2] No obstante, alrededor del 80 % del total de las aguas residuales industriales y municipales se liberan al medio ambiente sin ningún tratamiento previo, contaminando nuestros cuerpos de agua, deteriorando su calidad y ocasionando impactos perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas [3]

La industria es uno de los mayores contaminantes de los recursos hídricos, anualmente vierte entre 300 y 500 millones de toneladas de metales pesados, disolventes, lodos tóxicos y otros residuos. Estos materiales convierten el agua en no potable, al tiempo que facilita la bioacumulación y biomagnificación de sustancias químicas en organismos vivos, con riesgos directos al ser humano por la ingesta de plantas o vida animal [2]

Uno de los principales retos para la industria hoy en día es conseguir abordar de forma efectiva la explotación y contaminación insostenible de los recursos de agua dulce en el mundo [2]. Sin embargo, el desarrollo tecnológico combinado con la sensibilidad pública pueden contribuir a reducir la huella hídrica en la mayoría de los sectores, mediante el aumento de la conservación, reutilización, reciclaje y una mayor eficiencia de procesos que demanden grandes volúmenes de agua, en particular en la agricultura; empleando técnicas para la reducción de fugas de agua, tratamiento de efluentes, eficiencia de los servicios públicos de agua, biotecnología, entre otros [4].

Es importante impulsar la reutilización y reciclaje de las aguas residuales urbanas e industriales, como alternativa que contribuya a la reducción de los volúmenes de residuos que pueden ser transformados en insumos requeridos por la cadena productiva que los generó [5]. Para ello, se requiere de nuevas alianzas, participación

comunitaria, desarrollo de marcos regulatorios y legales apropiados que incluyan una combinación de incentivos y sanciones impuestas a los sectores involucrados con el sistema productivo para la formulación de políticas y la práctica de la gestión adecuada de los recursos hídricos [6].

Reutilización y reciclaje. La reutilización y el reciclaje son procesos mecánicos, manuales o automáticos, mediante los cuales se pueden recuperar diferentes tipos de residuos. La reutilización es una técnica de re-aprovechamiento de un material o producto, sin cambiar su forma o naturaleza original. El reciclaje, por su parte, es la transformación de ciertos materiales en materia prima para procesos productivos [5].

Bajo el contexto de una economía circular, donde se busca un equilibrio entre el desarrollo económico, la protección de los recursos naturales y la sostenibilidad ambiental. Las aguas residuales constituyen un recurso abundante y valioso que actualmente es empleado en procesos industriales, como iniciativas tecnológicas que permitirán asumir los nuevos retos de adaptabilidad ante el cambio climático [7]. El objetivo del presente trabajo es evaluar la actividad patentométrica mundial, partiendo de la información contenida en la base de datos PatentInspiration®, bajo una ecuación de búsqueda que permitió extraer documentos de patentes y formular indicadores de productividad según año, país, institución y códigos de Clasificación Internacional de Patentes (CIP) para el período 2012-2017, donde se visualizan las principales tendencias tecnológicas en el reciclaje de las aguas residuales.

2. Metodología

La investigación está fundamentada en el análisis patentométrico de documentos de invención publicados en el periodo 2012-2017, con el objetivo de identificar la tendencia tecnológica en el área del reciclaje de las aguas residuales domésticas e industriales. Se elaboró una estrategia de búsqueda combinando palabras claves y los respectivos códigos de Clasificación Internacional

de Patentes (CIP) en inglés IPC. La búsqueda se realizó en la plataforma PatentInspiration® (página web www.pateninspiration.com).

Los registros obtenidos fueron almacenados, tratados y analizados, se elaboraron indicadores de productividad según año, país, institución de investigación y los relacionados con los códigos de IPC. El levantamiento de información se realizó del 07 al 13 de abril del 2018.

Tabla 1: Estrategia de Búsqueda y resultados obtenidos.

Estrategia de Búsqueda	Resultados
(“waste water” AND (recycling OR recycled OR recycle OR reuse OR “re-utilised”)) NOT (F23G7/00! OR F22B37/00! OR E03B1/00! OR D06F39/00! OR F28D7/00! OR G05D9/00! OR B28C9/00! OR G05B19/00! OR E03F5/00! OR D06F39/00! OR F28D7/00! OR G05D9/00! OR B28C9/00! OR G05B19/00! OR E03B1/00! OR E03C1! E03D5 F25B27 F24D17 OR B01D21! OR B01D29! OR B01D33! OR B01D35! OR B01D36! OR B01D50! OR B01D61! OR B01D63! OR B01D65! OR B09B3! OR B08B9! OR B08B3! OR C02F)	146

La Tabla 1 describe la ecuación de búsqueda utilizada y los resultados obtenidos para el periodo 01/01/2012 al 31/12/2017, en el campo título, considerando una patente por familia, sin la inclusión de documentos que tengan vacíos en el título o resumen y con fecha de la primera prioridad como referencia de la solicitud ante la oficina de patente respectiva.

Los códigos que se observan en la Tabla 1, corresponden a la Clasificación Internacional de Patentes (IPC) y se refieren principalmente a procesos del tratamiento del agua, componentes, partes, piezas, aparatos y programas de control de efluentes residuales que no son relevantes para el estudio. La estrategia de búsqueda utilizada, garantiza que los resultados obtenidos pertenezcan al área de interés y los indicadores generados sean propios de un análisis de tendencias en el reciclaje de las aguas residuales y no en tratamiento.

Tabla 2: Evolución de patentes por año (2000- 2017).

Año	Patentes	Año	Patentes
2000	3	2009	7
2001	6	2010	16
2002	2	2011	15
2003	2	2012	12
2004	1	2013	14
2005	2	2014	36
2006	6	2015	38
2007	6	2016	26
2008	4	2017	20

3. Resultados y discusión

Patentes reportadas por año y su tendencia de patentamiento.



Figura 1: Número de patentes por año y tendencia de patentamiento (2012-2017).

La ecuación de búsqueda planteada recuperó 146 registros de solicitudes y concesiones de patentes, el 82,19 % de los documentos fueron publicados entre los años 2014 al 2017, resaltando el año 2015 con 38 textos de innovación científica. Adicionalmente, se evidencia una tendencia constante en los 3 últimos años de solicitud de patentes en reutilización/reciclaje de las aguas residuales, dado el interés que existe en el desarrollo de nuevos productos y/o innovaciones tecnológicas que permitirán atender la problemática actual y el futuro inmediato de los recursos hídricos y su calidad. En la Figura 1 se muestra la evolución patentométrica en el reciclaje de las aguas residuales.

Es importante mencionar que la cantidad de patentes que se muestran en este estudio están vinculadas con la fecha de prioridad y no de publicación, lo que permite identificar el año en que fue introducida la protección ante la oficina de patente del país solicitante, además arroja un dato importante, porque representa la fecha más cercana a la invención.

La tendencia de proteger tecnologías e invenciones relacionadas con el reciclaje de las aguas residuales inicia en el año 2000 con 03 documentos de patentes, manteniendo un promedio de 04 invenciones por año hasta el 2009. En el 2010, se multiplica el número de textos protegidos por parte de la comunidad científica y corporaciones interesadas en documentar experiencias exitosas en esta área de estudio, como muestra de la factibilidad técnica-económica de obtener materiales con alto valor agregado a partir de un subproducto de origen industrial o doméstico, pasando de 07 a 16 documentos, incrementando nuevamente a 36 patentes en el 2014. Un comportamiento cíclico observado en 17 años de registro y solicitudes de patentes (Tabla 2).

Patentes Clasificadas según el origen de Procedencia.

Los resultados arrojados permitieron tratar, analizar y clasificar la información en 03 grandes grupos, aquellos relacionados con la reutilización y/o reciclaje de las aguas residuales de origen industrial, las de procedencia doméstica y las invenciones relacionadas a dispositivos, máquinas o sistemas que permiten re-usar estos efluentes para una mejora continua del proceso.

Tabla 3: Evolución de patentes por año (2000-2017).

Año	I	%	U	%	D	%	Total
2012	8	67	2	17	2	17	12
2013	10	71	3	21	1	7	14
2014	19	53	11	31	6	17	36
2015	15	39	21	55	2	5	38
2016	13	50	10	38	3	12	26
2017	12	60	5	25	3	15	20
Total	77	57	52	31	17	12	146

I: Industrias U: Urbanas D: Dispositivos

La Tabla 3 muestra la distribución de patentes por año, clasificadas según origen de procedencia. Se determinó que el 57 % de las patentes corresponden a invenciones que permiten el aprovechamiento de los materiales de valor agregado presentes en los efluentes industriales, mientras que el 31 % pertenecen a la reutilización de las aguas procedentes de las actividades urbanas, solo 12 % de los documentos protegidos están orientados al desarrollo de técnicas para llevar a cabo este proceso. La cantidad promedio de textos de invención para las aguas industriales es de 13 patentes por año, 09 para los efluentes domésticos y 03 para el desarrollo de dispositivos.

Según información reportada en la Tabla 3, se observa una tendencia hacia el aprovechamiento de las aguas de origen industrial por encima de la urbana; a excepción del 2015 donde se registraron 21 patentes destinadas a este sector, representando el 55 % del total generado en el año. La razón de aprovechar los efluentes generados por las actividades humanas se fundamenta en la escasez de recursos naturales, el costo que amerita la explotación de yacimientos y los daños colaterales que conllevan estas acciones, contribuyendo a la visualización de los residuos como materiales de interés que pueden ser recuperados y reinsertados nuevamente al proceso productivo, en especial los de procedencia industrial porque concentran materiales y elementos químicos importantes para la industria.

Adicionalmente, la presión social y el reforzamiento del sistema jurídico nacional e internacional en el cumplimiento de normas y leyes que conduzcan a un sistema circular de producción, ha propiciado cambios de paradigma en distintas naciones del mundo, como garantía para cubrir las necesidades de las generaciones presentes y futuras [2]. En tal sentido, los sistemas de producción industrial tendrán que llegar a ser sostenibles y con adaptaciones tecnológicas que permitan una mayor eficiencia.

Las industrias tienen el tamaño y los recursos necesarios para aprovechar los cambios tecnológicos y adoptar sistemas de consumo racional de materias primas y energía, así como de valorización de subproductos. Anglo American en

su página web <https://www.angloamerican.com> se define como una compañía minera global que ha emprendido acciones de reutilización de efluentes como agua potable, agua de procesos industriales y agua que puede evacuarse con seguridad en el ambiente; al mismo tiempo que separa el yeso del agua y lo utilizan como material de construcción, minimizando los costos relacionados con la importación del agua y el vertido sin control de los residuos generados.

Patentes clasificadas según el origen de procedencia.

Las patentes se utilizan para comprobar el rendimiento tecnológico de los países, constituyen un indicador de las actividades más cercanas al desarrollo de una determinada tecnología [8]. En tal sentido, se aprovecha la información técnica disponible en los documentos de patentes como fuente de consulta para la descripción de métodos, procedimientos, tecnologías, entre otros, que permiten determinar la tendencia mundial en el reciclaje de las aguas residuales para la resolución de un problema de carácter global. De lo anterior, se observó una inclinación por parte de empresas, universidades y centros de investigación a orientar sus estudios al desarrollo de procesos que demanden menos consumo de agua, métodos de extracción de elementos y materiales químicos contenidos en las aguas residuales; así como la fabricación de nuevos materiales a partir de los efluentes generados en la industria y municipalidad.

Adicionalmente, se emplearon los códigos de la Clasificación Internacional de Patentes, IPC (International Patent Classification), para explorar la pertinencia de las áreas de conocimiento y los usos secundarios de las aguas residuales, clasificados según su especificación técnica. La Figura 2 señala los códigos y como se estructuran jerárquicamente, diferenciando sección, clase principal, subclase, grupo principal y código completo, convirtiéndolos en un sistema altamente ordenado y objetivo para clasificar el contenido de patentes. Los códigos de clasificación pueden referirse a dominios de aplicación y/o a tecnologías específicas.

Extrayendo una muestra de los principales 50

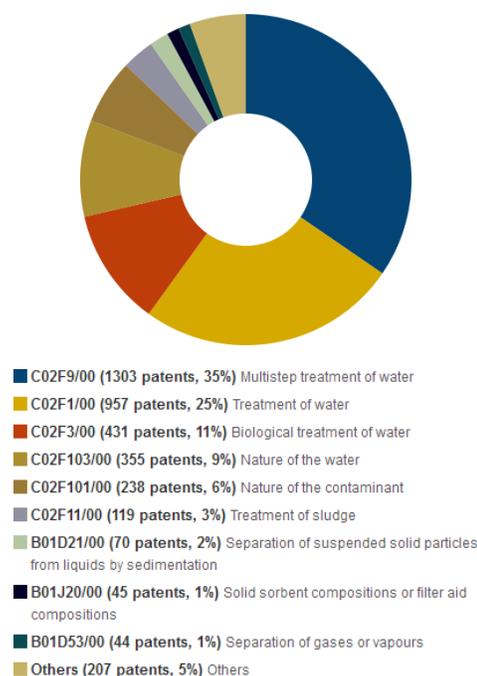


Figura 2: Distribución por código internacional de patentes (2012 – 2017).

códigos IPC, se observa que el 15% de los documentos trata sobre invenciones de sistemas y/o dispositivos de calentadores de fluidos con bombas de calor para el aprovechamiento de la energía emanada del proceso de descomposición de las aguas residuales, el 12% sectoriza las protecciones que provienen de la elaboración de materias primas distintas de los minerales; mientras que el desarrollo de componentes, bombas de calor y otros detalles se ubican en 10, 9 y 7% respectivamente. Otras invenciones con menor número de protecciones pero de igual importancia son las categorías vinculadas con la extracción de metales, obtención de níquel cobalto, sales, entre otros, descritas y clasificadas según el sector productivo que las genera.

Patentes orientadas a la reutilización/reciclaje de las aguas residuales por sector económico.

Apoyados en los análisis estadísticos de las patentes y detallando la información que contienen, se logra determinar el rendimiento inventivo de las multinacionales y el ascenso de las tecnologías emergentes, como indicador de utilidad para las industrias que deseen invertir en mejorar sus

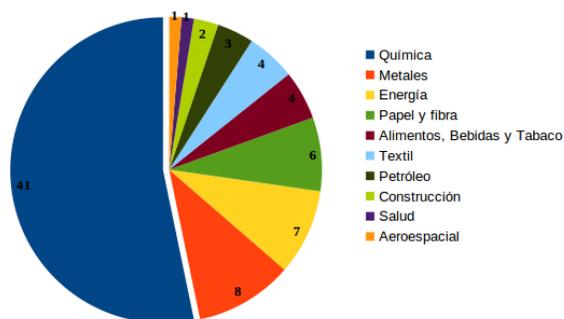


Figura 3: Número de patentes orientadas a la reutilización/reciclaje de las aguas residuales por sector económico (2012–2017).

procesos y maximizar sus recursos [9]. De lo anterior, se refleja la Figura 3 y la orientación de las patentes del sector industrial, categorizadas por actividad económica.

De las 77 patentes relacionadas con la reutilización y reciclaje de las aguas residuales de origen industrial, 53 % provienen de experiencias exitosas en la industria química, con un total de 41 documentos desde el 2012 al 2017. Seguida del sector metalúrgico, específicamente hierro/acero y aluminio con 08 textos de invención representando el 10 %, 9 % el sector energético, 6 % papel y fibra, y 4 % alimentos, bebidas y tabacos. Estos 05 sectores de la industria básica e intermedia representan el 80,52 % del total de los documentos de patentes de aquellas empresas que han protegido sus tecnologías y han logrado mejorar la eficiencia del proceso de reuso, reciclaje y/o la obtención de productos de mayor valor añadido presente en las aguas residuales. Otros sectores con menor participación pertenecen al área de la construcción, petróleo, salud y aeroespacial.

La industria química lidera la tendencia en el reciclaje de las aguas residuales, y es que desde que comenzó el desarrollo de este sector se han producido y diseminado aproximadamente 100.000 nuevas sustancias químicas en el medio ambiente, incrementando en 1.000 nuevas sustancias cada año. Por esta razón, la industria química impulsa el desarrollo de materiales, procesos y reacciones avanzadas para una producción más sostenible

y eficiente en recursos y energía; favoreciendo la reutilización y la obtención de productos de mayor valor añadido hacia la transformación de una química verde [8].

A pesar que el reciclaje de las aguas residuales es una tendencia de reciente data, el sector químico registra información técnica importante sobre la recuperación de tintas, níquel, titanio, paladio, zinc, azufre, entre otros materiales y elementos químicos recuperables y presentes en las aguas residuales industriales propias del proceso que lo caracteriza. Una de las invenciones que destaca fue registrada bajo el código CN105039717A [10] y trata sobre un método que permite reciclar paladio de las aguas residuales de la sección de activación de paladio alcalino, el proceso inicia con una reducción del paladio bruto disuelto con agua regia, la sustancia no disuelta se filtra y la relación de masa volumétrica del agua regia y el paladio en bruto es de 5-6 a 1 L/kg. Se realiza la adsorción en columna de iones que posteriormente son regeneradas y el paladio es reciclado a través de un líquido regenerado. De acuerdo con el método, las resinas aniónicas se usan para absorber selectivamente $[PdCl_4]^{2-}$, los metales base de cobre, níquel y similares se separan efectivamente, la tasa de reciclaje es mayor al 96 % y la pureza del producto es mayor que 99,98 %.

En cuanto al enfoque visualizado por el sector metalúrgico, se observó registros de patentes con recuperación de cobre, níquel, cadmio y zinc, así como metales pesados y fluoruros a partir del efluente generado en sus procesos. La patente registrada bajo el número CN103924253A [11], trata sobre un método que recicla metales pesados y fluoruros a partir de un pretratamiento de separación de aceite en las aguas residuales de decapado de acero inoxidable; iniciando con un proceso de decantación en un estanque de sedimentación primaria, prensado del material sólido sedimentado y un tratamiento de reducción de la temperatura media para reciclar el polvo de hierro; se emplea intercambio iónico en el líquido claro obtenido del estanque de sedimentación primaria para obtener $NiCl_2$ y se sedimenta el líquido concentrado (obtenido después del intercambio iónico) por segunda vez para obtener

material de fluoruro de calcio. El método protegido se puede aplicar ampliamente a las empresas de producción de acero inoxidable sin que represente gran inversión porque se puede completar sobre la base del equipo existente.

Patentes orientadas a la reutilización/reciclaje de las aguas residuales urbanas.

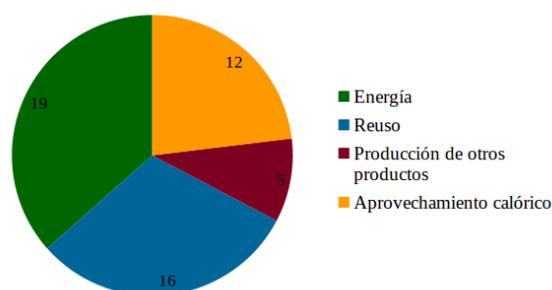


Figura 4: Número de patentes orientadas a la reutilización/reciclaje de las aguas residuales (2012 – 2017).

Las patentes relacionadas con el sector urbano generaron 52 documentos durante el período de estudio (Tabla 3), 19 textos de invención se inclinan hacia el aprovechamiento energético de los efluentes domésticos, representando el 31 % del total; 16 tratan sobre las opciones de reutilización de los residuos procedentes de las áreas de la ducha, cocina, lavado, y aquellas que no contengan materia fecal. Mientras que el aprovechamiento calórico, producto de la descomposición de la materia orgánica de estas aguas, representan el 23 % con 12 documentos de patentes y la producción de nuevos materiales a partir de los residuos generados en actividades comunes del ser humano, representa el 10 % con 05 documentos de invención, como expone la Figura 4.

Algunas patentes evidencian la producción de nuevos materiales con mayor valor añadido, aquella identificada bajo el código CN204125171U [12], muestra un modelo para el reciclaje de recursos de estruvita a partir de nitrógeno y fósforo en aguas residuales. El documento describe un mecanismo de recogida de cristal de estruvita dispuesto en la salida de un tubo de descarga de los lodos,

considerando la inclinación y forma del equipo, material con la que está formado (capa de tela geotécnica) y detalles de operación en todo el proceso para una separación eficiente del agua-lodo del precipitado de estruvita.

La *estruvita* es un mineral de la clase de los minerales fosfatos. Este mineral puro teórico contiene únicamente amonio, fósforo y magnesio, en la realidad se obtienen cristales con trazas de cromo, níquel y plomo que varían en función del proceso empleado, obteniéndose un cristal de entre 90–98 % de pureza.

La reutilización de las aguas grises, junto a las tecnologías de conservación más simples para aplicaciones urbanas en retretes y duchas o el reciclaje de las aguas grises domésticas, también hacen más accesible la conservación del agua para los habitantes de las ciudades. Además, estas tecnologías pueden reducir el costo de oportunidad a la hora de seleccionar las opciones más ecológicas a nivel individual y comunitario, conduciendo a la más eficientes en materia de planificación urbana y diseño de edificios más verdes [4]. En la actualidad, el uso planificado de las aguas residuales municipales es una práctica habitual en países del Oriente Medio y África Septentrional, Australia y el Mediterráneo, así como también en México, China y los Estados Unidos. No obstante, además de los incipientes esfuerzos de instituciones como AQUASTAT, no hay un inventario completo de la magnitud de aguas residuales tratadas o no tratadas que son descargadas al medio [13].

Por su parte, en los EE.UU., se ha estimado que para algunos ríos el agua se ha utilizado y reutilizado más de 20 veces antes de llegar al mar, recuperando materiales útiles, tales como minerales (fosfatos) y metales. Mientras que el agua de enfriamiento puede proporcionar calor y los lodos residuales podrían producir biogás o quizás solo pueden ser eliminados [13]. En Asia Oriental se han observado grandes progresos, con un incremento de la cobertura de fuentes de abastecimiento de agua potable mejorada del 68 %

en 1990 al 88 % en el 2006. A pesar de las mejoras alcanzadas en algunas regiones, la contaminación del agua sigue creciendo a nivel mundial [14].

Posición mundial de países en reutilización/reciclaje de aguas residuales

Las patentes permiten generar indicadores tecnológicos para la toma de decisiones, ubicación de posibles socios comerciales, nichos y transferencia tecnológica en regiones que han aplicado la invención para optimizar procesos y mejorar la calidad de vida de la población [9], sin embargo, los obstáculos culturales al avance tecnológico, como la resistencia a la reutilización de las aguas residuales para agua de consumo, pueden retrasar la adopción de una determinada tecnología [4].



Figura 5: Distribución geográfica de patentes (2012 – 2017).

Tabla 4: Registro y solicitudes de patentes por país (2012 – 2017).

País	2012	2013	2014	2015	2016	2017
China	4	14	22	41	26	29
República de Corea		1		1	2	
Estados Unidos					1	

El análisis de la extensión geográfica de las patentes permite revelar tanto el impacto de la reutilización y reciclaje de las aguas residuales como su mercado potencial. La Figura 5 muestra los países con actividades de patentamiento en aguas residuales y la Tabla 4 muestra los países que lideran la tendencia de valorización de las aguas residuales para el caso de una patente por familia,

evidenciando una gran participación del continente asiático, encabezado por China con 78,38 % del total de patentes, seguido de la República de Corea con 13,51 % y Estados Unidos con 5,41 % del total de invenciones tecnológicas.

Los países resaltados muestran fortalezas en cuanto al reciclaje de las aguas residuales, China protege invenciones relacionadas a la recuperación de cobre, níquel, zinc cadmio, y otros metales valiosos presentes en las aguas residuales de las actividades básicas de hierro / acero y aluminio. Por su parte, Corea inclina sus procesos tecnológicos a la reutilización de las aguas residuales urbanas y la recuperación de metales de algunos procesos que lo generan; mientras que Estados Unidos patenta información acerca de la utilidad de los efluentes urbanos para hacer materiales fibrosos no tejidos y aprovecha el calor residual generado en el proceso.

Para dejar de depender tecnológicamente de otros países, China viene apostando desde los años 80 por tener su propia innovación y posicionamiento en el entorno internacional como un líder en alta tecnología y en industria de calidad, fortaleciendo los vínculos entre las universidades y las empresas, con atracción de talento extranjero, para mejora de las herramientas de protección intelectual y fortalecimiento de la cooperación internacional. Además, este país apuesta a que en el 2020 los avances en ciencia y tecnología aporten el 60 % del crecimiento económico del país asiático [15].

China mantiene un promedio de 22 documentos por año, aproximadamente, registrando y solicitando protección tecnológica a 41 documentos de invención para el año 2015. Cuenta con la participación de empresas, centros de investigación y universidades que desarrollan investigaciones para el mejoramiento de la calidad del agua residual industrial y urbana, así como el desarrollo de sistemas que contribuyan a optimizar el proceso.

La identificación de empresas, centros de investigación y universidades que solicitan la protección de una determinada invención facilita al investigador o empresario información sobre el nivel de especialización o fortaleza tecnológica de un país y contribuye a los gestores de políticas a identificar los puntos fuertes y débiles de sus

sistemas de innovación nacional [16]. Adicionalmente, muestra los compromisos internacionales asumidos por cada nación en la resolución e inversión en I+D+i para cubrir las necesidades actuales y de futuro en la mejora de la calidad de los recursos hídricos, tendencia que se ha evidenciado a lo largo de este estudio y reflejada de manera cuantitativa a través de los resultados de las patentes.

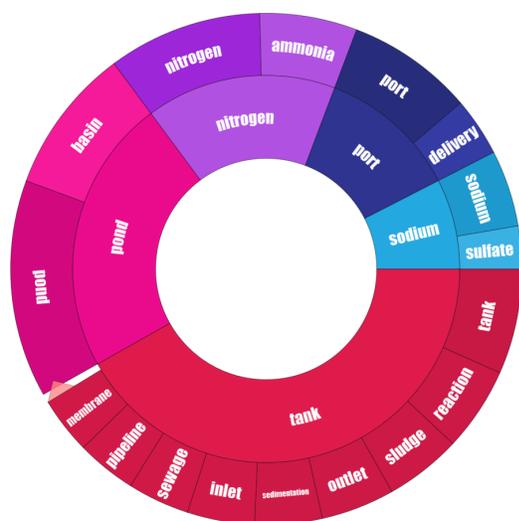


Figura 6: Mapa de términos de la familia de patentes (2012 – 2017).

Por otra parte, si bien las publicaciones, reportes y noticias ofrecen un panorama de las tendencias en investigación en el sector del agua, las patentes posibilitan un análisis a detalle sobre los desarrollos tecnológicos. Estos documentos permiten seguir con un nivel de mayor detalle, la evolución de las actividades de I+D+i en la creación de nuevos productos y procesos [8]. El indicador de términos proporciona una descripción general rápida del contenido principal de las patentes, una visión general de las aplicaciones, variaciones y tecnologías. En la Figura 6, destacan palabras relacionadas con el proceso donde se lleva a cabo la gestión de las aguas: “tank” (tanque), “drainage” (drenaje) y tub (tina). Adicionalmente palabras como resource (recursos) y food (comida), recovery (recuperación) nos introduce en las posibilidades de recuperación de

elementos químicos que pueden ser aprovechados a partir del buen uso de los efluentes generados.

Según informe generado por la Unesco [14, 8], la mayoría de las patentes para el seguimiento del impacto medioambiental entre 1978 y 2002 se concedieron para el tratamiento de aguas contaminadas, dando fe de la importancia de los avances tecnológicos en el campo de la información y de las comunicaciones en la gestión sostenible de los recursos hídricos.

4. Conclusiones

La investigación permitió identificar las alternativas tecnológicas para recuperar materiales y transformarlos en residuos útiles que puede ser empleados como insumos para el sector empresarial. Existen tecnologías y procesos que se han desarrollado en otros países para el tratamiento y la recuperación de valor agregado de las aguas residuales, detalles técnicos que se encuentran descritos en los documentos de patentes como herramienta a utilizar para extraer información precisa y actualizada para la resolución de problemas nacionales. La industria química y metalúrgica lideran un amplio desarrollo tecnológico en la recuperación de elementos químicos y metales que están presentes en las aguas residuales de cada uno de sus procesos. Estas actividades contribuyen a la reducción de costos operativos, creación de mercados secundarios a partir de los subproductos recuperados y a la minimización de los impactos producidos al ambiente.

Los países asiáticos son liderados principalmente por China, que se constituye como la nación con mayor producción y registro de documentos de patentes relacionadas con el reciclaje de materiales y elementos químicos de las aguas residuales industriales. Sus protecciones están orientadas a la recuperación de cobre, níquel, zinc cadmio, y otros metales valiosos de los efluentes procedentes de las actividades básicas de hierro/acero y aluminio, lo que le ha permitido identificar oportunidades de mayor eficiencia de los recursos y contar con actividades de valor añadido que pueden ser comercializables. Corea inclina sus procesos tecnológicos a la reutilización

de las aguas residuales urbanas y la recuperación de metales de algunos procesos que lo generan; mientras que Estados Unidos patenta información acerca de la utilidad de los efluentes urbanos para hacer materiales fibrosos no tejidos y aprovecha el calor residual generado en el proceso.

Se observa una tendencia hacia el aprovechamiento de las aguas de origen industrial por encima de la urbana debido principalmente a que concentran materiales y elementos químicos presentes en los efluentes industriales que pueden ser aprovechados, recuperados y re-insertados al proceso productivo que los generó u otros que demanden su utilización. Las aguas residuales domésticas son re-usadas en la limpieza de espacios públicos, vehículos u otros procesos que no sean de ingesta o contacto humano; se aprovechan para la generación de energía, calefacción o para la recuperación de nutrientes necesarios en la agricultura. Los documentos de patentes contienen información técnica importante que pueden ser de utilidad para la resolución de problemas con adaptaciones tecnológicas requeridas por el país solicitante. Adicionalmente, permiten identificar posibles socios comerciales para propiciar negociaciones entre países, empresas o transferencia tecnológica entre universidades y centros de investigación de diferentes latitudes.

5. Referencias

- [1] M.H. Badii, J. Landeros, y E. Cerna. El recurso de agua y sustentabilidad. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)*, 3(1):661–671, 2008.
- [2] Oficina de Naciones Unidas de apoyo al Decenio Internacional para la Acción. “El agua, fuente de vida” 2005-2015; agua e industria en la economía. Technical report, Organización de las Naciones Unidas (ONU), Zaragoza, España, 1995.
- [3] Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. Technical report, UNESCO, Paris, Francia, 2017.
- [4] Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio. Agua y tecnología en la transición hacia una economía verde. Technical report, Organización de las Naciones Unidas, Zaragoza, España, 2011.
- [5] C.A. Zaror-Zaror. *Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos*. Concepción, Chile, 2000.
- [6] UN WATER. Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos 2019 “No dejar a nadie atrás”. Technical report, UNESCO, Paris, Francia, 2019.
- [7] Assessment, (WWAP) Programme World Water. Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015: AGUA PARA UN MUNDO SOSTENIBLE - DATOS Y CIFRAS. Informe, ONU, 2015.
- [8] TECNALIA AIDICO (Instituto Tecnológico de la Construcción), FEIQUE (Federación Empresarial de la Industria Química Española), Inkemia-IUCT. IQAC (Instituto de Química Avanzada de Cataluña). *El futuro de la Química sostenible Hoja de Ruta*. 2013.
- [9] F. Mateos y S. Rodríguez. *Tendencias en tecnología del agua*. Clarke, Modet & Co, Madrid, España, 2014.
- [10] Z. Zhao and W. Wu. CN105039717A – Method for recycling palladium from alkaline palladium activation section waste water, 2015.
- [11] Q. Chen and Y. Chen. CN103924253A – Method for recycling heavy metal and fluorides from stainless steel pickling waste water, 2014.
- [12] Z.D. Xueyuan, X. Lin, Y. Xie, H. Shen, Y. Zhou, and Z. Zhang. CN204125171U – Device for resource recycling of struvite from nitrogen and phosphorus in waste water, 2015.
- [13] WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017, El Recurso No Explotado. Informe, UNESCO, 2017.
- [14] UN WATER. 3er Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: El agua en un mundo en constante cambio. Informe, UNESCO, 2016.
- [15] A. Martínez. Tratamiento de aguas China. Technical report, Centro para el Desarrollo Industrial Industrial, CDTI, Madrid, España, 2016.
- [16] O. González-Cabrera, T. Ruiz-Pérez, M. Claro-Pérez, N. Pérez-Pino, G. Pérez-Gálvez, y L. Collazo-Alfonso. Estudio de patentes sobre tecnologías para tratamiento de agua y el agua residual. *Transinformação*, 26(39):339–347, 2014.