
PRESENCIA DE LA TECNOLOGÍA DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS EN LOS DOMINIOS DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA SUSTENTABILIDAD

Juan Manuel Núñez, Ana Penella Suarez, Regina Pérez-Gil Rodríguez, Inés Costes Maurer, José Alberto Gallardo-Cruz y Daniel Alejandro Pérez De La Mora

RESUMEN

Las ciencias de la sustentabilidad son un enfoque para el análisis de los sistemas socioecológicos que durante los últimos veinte años han evolucionado dentro de un marco temporal similar y paralelo al de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT). Se realizó un análisis bibliométrico mediante Bibliometrix para identificar las áreas de aplicación de los diferentes tipos de VANT dentro de los principales dominios de investigación de las ciencias de la sustentabilidad. La base de datos empleada fue construida a partir de la taxonomía jerárquica de tres tipos de plataformas: ala fija, multirrotor e híbridos VTOL (de las siglas en inglés, de Vertical Take-Off and Landing) de despegue y aterrizaje vertical, y dieciséis dominios de investigación relacionados con las ciencias de la sustentabilidad: desarrollo sustentable, pesquería, agricultura, turismo, bos-

ques, biodiversidad, agroforestería, negocios, sistemas energéticos, recursos hídricos, planeación urbana, salud, suelo, fauna silvestre, sistemas socioecológicos, e industria. Un total de 1.293 documentos científicos para el periodo 1984-2020 muestran que la investigación sobre las ciencias de la sustentabilidad inició como grupos de investigación previamente separados que están evolucionando bajo un enfoque interdisciplinario para la atención a diversos temas. Mientras que las aplicaciones combinadas con VANT de ala fija y multirrotor están recientemente enfocadas a la atención de problemas sobre la conservación, uso y aprovechamiento de los ecosistemas, el uso de híbridos VTOL en combinación con VANT de ala fija o multirrotor está centrado en el diseño y desempeño de vehículos híbridos para su comercialización o aplicaciones en la industria de energías.

Introducción

Las ciencias de la sustentabilidad, como un enfoque aceptado y valorado para el análisis de los sistemas socioecológicos, ha avanzado durante los últimos veinte años dentro de un marco temporal similar y paralelo al de la tecnología de los vehículos aéreos no tripulados (VANT), UAV (de sus siglas en inglés, *Unmanned Aerial Vehicle*), más apropiadamente RPAS (de sus siglas en inglés, *Remotely Piloted Aircraft System*), o comúnmente conocidos como drones. En esos años, la

sustentabilidad se ha convertido en una de las líneas prioritarias para la comprensión de los procesos que conducen a mejoras o deterioro de los recursos naturales, no solo desde una perspectiva ambiental, sino también social (Ostrom, 2009). A la par, la tecnología se ha convertido en uno de los factores clave para alcanzar los objetivos de sostenibilidad. Un ejemplo de estas tecnologías son los VANT, que se utilizan cada vez más en diversos dominios de aplicación (Park *et al.*, 2018; Daponte *et al.*, 2019; Herrera *et al.*, 2019; Raparelli y Bajocco, 2019).

En este trabajo abordamos las ciencias de la sustentabilidad como un enfoque de la sustentabilidad basado en la teoría de sistemas complejos que permite dar cuenta de los componentes más significativos de la relación sociedad-naturaleza. Esta aproximación se aleja de definiciones de orden discursivo como el que se aplica para definir el desarrollo sostenible y los objetivos a su alrededor (Ruggerio, 2021). Muchos de los problemas que las ciencias de la sustentabilidad abordan incorporan a menudo el análisis de las relaciones entre

los componentes de los sistemas humano-ambientales a diferentes escalas espaciales y temporales (Fu, 2020), por lo que el uso de VANT puede proporcionar un marco adecuado de información geográfica para la toma de decisiones basada en evidencia. Así, en la búsqueda de refinar el conocimiento a escalas espaciales de mayor resolución y precisión, la literatura ha registrado en los últimos veinte años un desarrollo vertiginoso en tecnología de VANT, cuyo uso se ha expandido enormemente debido a la ventaja de recopilar

PALABRAS CLAVE / Aplicaciones de VANT / Bibliometría / Ciencias de la Sustentabilidad / Tipos de VANT /

Recibido: 10/07/2021. Modificado: 24/06/2022. Aceptado: 25/06/2022.

Juan Manuel Núñez (Autor de correspondencia). Maestría y Doctorado en Geomática, Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial (CentroGeo), México. Académico, Centro Transdisciplinar Universitario para la Sustentabilidad (Centrus), Universidad Iberoamericana, Ciudad de México (C de M), México. Dirección: Prol. Paseo

de la Reforma 880, Lomas de Santa Fe, 01219, Ciudad de México, México. e-mail: juan.nunez@ibero.mx

Ana Penella Suarez. Estudiante de Licenciatura en Sustentabilidad Ambiental, Universidad Iberoamericana C de M, México. e-mail: a2129232@correo.uia.mx

Regina Pérez-Gil Rodríguez. Estudiante de Licenciatura en Sustentabilidad Ambiental,

Universidad Iberoamericana C de M, México. e-mail: a2129296@correo.uia.mx

Inés Costes Maurer. Estudiante de Licenciatura en Sustentabilidad Ambiental, Universidad Iberoamericana C de M, México. Correo electrónico: a2116995@correo.uia.mx

José Alberto Gallardo-Cruz. Biólogo y Doctor en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma

de México. Académico, Centrus, Universidad Iberoamericana C de M, México. e-mail: jose.gallardo@ibero.mx

Daniel Alejandro Pérez De La Mora. M.Sc. en Ingeniería y Diseño Industrial, Technische Universiteit Delft, Holanda. Técnico Académico, Universidad Iberoamericana C de M, México. e-mail: daniel.perez@ibero.mx

PRESENCE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES TECHNOLOGY IN THE RESEARCH DOMAINS OF SUSTAINABILITY SCIENCES

Juan Manuel Núñez, Ana Penella Suarez, Regina Pérez-Gil Rodríguez, Inés Costes Maurer, José Alberto Gallardo-Cruz and Daniel Alejandro Pérez De La Mora

SUMMARY

Sustainability sciences are a new approach for the analysis of socio-ecological systems that, over the past twenty years, have evolved over a timeframe that is similar and parallel to that of unmanned aerial vehicles (UAV) technology. A bibliometric analysis was performed using Bibliometrix to identify the study areas of different types of UAV in the main research domains of the sustainability sciences. The database used was built from the hierarchical taxonomy of three types of platforms: fixed wing, multicopter and hybrid with vertical take-off and landing capacity (VTOL) and, sixteen research domains related to the sciences of sustainability: sustainable development, fishing, agriculture, tourism, forests, biodiversity, agroforestry, business,

energy systems, water resources, urban planning, health, soil, wildlife, socio-ecological systems and industry. A total of 1,293 scientific papers for the period 1984-2020 show that sustainability science research began as previously separate research groups that are evolving under an interdisciplinary approach to address various issues. While applications combined with fixed-wing and multi-rotor VANT are recently focused on solving problems regarding the conservation, use and exploitation of ecosystems, the use of hybrid VTOL VANT in combination with fixed-wing or multi-rotor VANT is focused on the design and performance of hybrid vehicles for its commercialization or applications in the energy industry.

PRESENÇA DA TECNOLOGIA DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS NOS DOMÍNIOS DE PESQUISA EM CIÊNCIAS DA SUSTENTABILIDADE

Juan Manuel Núñez, Ana Penella Suarez, Regina Pérez-Gil Rodríguez, Inés Costes Maurer, José Alberto Gallardo-Cruz e Daniel Alejandro Pérez De La Mora

RESUMO

As ciências da sustentabilidade são uma abordagem para a análise de sistemas socioecológicos que, durante os últimos vinte anos, evoluíram em uma temporalidade semelhante e paralela ao da tecnologia de veículos aéreos não tripulados (VANT). Realizou-se uma análise bibliométrica utilizando o Bibliometrix para identificar as áreas de estudo dos diferentes tipos de VANT nos principais domínios de investigação das ciências da sustentabilidade. O banco de dados é construído a partir da taxonomia hierárquica de três tipos de plataformas: asa fixa, multirotor e híbridos VTOL (das siglas no inglês, de Vertical Take-Off and Landing) com capacidade vertical de decolagem e pouso, e dezesseis domínios de pesquisa relacionados às ciências da sustentabilidade: desenvolvimento sustentável, pesca, agricultura, turismo, florestas, biodiversidade,

agrossilvicultura, negócios, sistemas de energia, recursos hídricos, planejamento urbano, saúde, solo, vida selvagem, sistemas socioecológicos e indústria. Um total de 1.293 documentos científicos para o período de 1984-2020 mostram que a pesquisa em ciências da sustentabilidade começou como grupos de pesquisa previamente separados que estão evoluindo sob uma abordagem interdisciplinar para abordar várias questões. Enquanto os aplicativos combinados com VANT de asa fixa e multirotor estão recentemente focados em resolver problemas sobre a conservação, uso e exploração de ecossistemas, o uso de VANT híbridos VTOL em combinação com VANT de asa fixa ou multirotor está focado no design e desempenho de híbridos veículos para sua comercialização ou aplicações na indústria de energia.

una amplia gama de información a medida que se mueven rápidamente por el cielo (Park *et al.*, 2018).

Cuando un campo de investigación tiene una gran cantidad de literatura y se está desarrollando rápidamente, el análisis bibliométrico puede crear una imagen completa utilizando una metodología con un enfoque computacional confiable, que de otra manera no podría ser realizada manualmente por expertos. El análisis bibliométrico es una forma

poderosa para generar una imagen completa de uno o varios campos de investigación utilizando tanto el análisis de textos como el análisis de citas (Kraus *et al.*, 2020; Moral-Muñoz *et al.*, 2020). En este trabajo se llevó a cabo un análisis bibliométrico de la literatura científica relacionada con la contribución de la tecnología de VANT a las ciencias de la sustentabilidad. El enfoque para seleccionar artículos de interés está basado en la búsqueda de aplicaciones de las

diferentes plataformas empleadas por la tecnología de VANT (Ozdemir *et al.*, 2014; Greenwood y Zekkos, 2019; Sanchez-Rivera *et al.*, 2020) a los dominios de investigación de las ciencias de la sustentabilidad identificados durante las últimas décadas mediante el análisis de redes de citación (Kajikawa *et al.*, 2007, 2014, 2017; Kajikawa, 2008).

El propósito del trabajo es la identificación de las áreas de estudio de los diferentes tipos de VANT dentro de los

principales dominios de investigación de las ciencias de la sustentabilidad, los temas más significativos y las líneas de investigación emergentes dentro de cada grupo, así como las colaboraciones entre los mismos. Primero se presenta una breve historia y se definen las características básicas de las ciencias de la sustentabilidad. Segundo, se introduce la tecnología de VANT y se describen sus principales características al ser clasificados en tres grupos: multirotor, ala fija

e híbridos con capacidad de despegue y aterrizaje vertical (Sanchez-Rivera *et al.*, 2020). Posteriormente se propone una búsqueda que permita analizar el estado actual de la tecnología de los VANT y la investigación de la sustentabilidad mediante el análisis de citas y textos. Finalmente, ofrecemos los resultados y una discusión acerca de cómo el desarrollo reciente de la tecnología de VANT se está insertando dentro de los diferentes dominios de investigación de las ciencias de la sustentabilidad, así como los temas aún pendientes por desarrollar.

Dominios de investigación en ciencias de la sustentabilidad

El análisis de los sistemas socioecológicos utiliza un conjunto de acercamientos que se conocen como las ciencias de la sustentabilidad (Balvanera *et al.*, 2007). Son una aproximación surgida a principios de este siglo, con el propósito de unir las ciencias naturales y sociales para buscar soluciones creativas a los desafíos complejos contemporáneos como la pérdida de biodiversidad, la deforestación, el agotamiento de las poblaciones de peces marinos, la mala salud global, la degradación de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la escasez de agua (Jerneck *et al.*, 2011; Kates, 2011). A medida que las ciencias de la sustentabilidad se convierten en una aproximación distintiva para la comprensión de los sistemas socioecológicos, adquiere importancia definir con claridad los problemas a los que puede responder, así como comprender su estructura, estado actual y direcciones futuras de su quehacer (Balvanera *et al.*, 2007; Jerneck *et al.*, 2011; Salas-Zapata *et al.*, 2011; Ruggeiro, 2021).

Durante los últimos veinte años es posible observar cómo dentro de los dominios de las ciencias de la sustentabilidad, a la par de la integración de campos de investigación centrados en disciplinas diversas (Kajikawa *et al.*, 2014), se han incorporado viejos problemas

sociales (Jerneck *et al.*, 2011), incluida la sustentabilidad de la comunidad rural y la evaluación de la sustentabilidad urbana (Harrington, 2016; Cohen, 2017), y problemas humanos tales como la salud (Gruen *et al.*, 2008), además de los problemas ambientales (Komiya y Takeuchi, 2006). Lo anterior enfatiza la noción de que las ciencias de la sustentabilidad son de naturaleza interdisciplinaria (Kajikawa, 2008; Stock y Burton, 2011).

A partir de un análisis de red de citas de artículos publicados en revistas académicas que emplea un método de agrupación topológica para identificar dominios de las ciencias de la sustentabilidad, así como su posterior actualización, refinamiento y revisión de contribuciones de *Sustainability Science* y otras revistas dedicadas a la sustentabilidad que se lanzaron en la primera década de los 2000 (Kajikawa *et al.*, 2007, 2014, 2017; Kajikawa, 2008) fueron identificados una serie de dominios que resumen los esfuerzos de investigación relacionados con las ciencias de la sustentabilidad a lo largo del tiempo. Hemos organizado estos dominios de investigación descritos por Kajikawa y colaboradores en cada uno de los siguientes dominios: 1) desarrollo sustentable, 2) pesquería, 3) agricultura, 4) turismo, 5) bosques, 6) biodiversidad, 7) agroforestería, 8) negocios, 9) sistemas energéticos, 10) recursos hídricos, 11) planeación urbana, 12) salud, 13) suelo, 14) fauna silvestre, 15) sistemas socioecológicos, y 16) industria. Se trata de una perspectiva acerca de la evolución de los dominios de investigación dentro de las ciencias de la sustentabilidad que refleja tanto la comprensión científica de los sistemas socioecológicos como las direcciones futuras para el campo (Miller, 2013).

Tecnología de VANT

Los VANT han existido durante más de dos décadas, pero sus raíces se remontan a la Primera Guerra Mundial

(González-Jorge *et al.*, 2017). No obstante, durante los últimos años diferentes tipos de VANT han sido objeto de un creciente interés tanto en el ámbito civil como en el científico, siendo incluso declarados una nueva fuente de observación para el estudio del medio ambiente (Whitehead *et al.*, 2014). Este éxito de los VANT puede explicarse parcialmente por su gran flexibilidad de plataformas para transportar diferentes sensores y dispositivos que permiten, de una manera relativamente libre de riesgo y de bajo costo, observar de manera rápida y sistemática los fenómenos naturales a alta resolución espacio-temporal (Jiménez-López y Mulero-Pázmány, 2019).

La gama existente de plataformas con diferentes características permite integrar diferentes tipos de sensores que van desde cámaras livianas y sensores multispectrales que pueden brindar soluciones de mapeo profesionales a una fracción del costo de las técnicas tradicionales de fotogrametría, hasta la posibilidad de equiparlos con cámaras compactas de visión térmica, sensores hiperespectrales y escaneo láser como LiDAR (Sankey *et al.*, 2017). Igualmente, el uso de plataformas aéreas grandes permite transportar carga o entregar asistencia (Kumar *et al.*, 2018; Ong *et al.*, 2019). Así, durante los últimos veinte años se han desarrollado muchos tipos de VANT con el fin de ampliar sus características, modos de vuelo, aplicaciones, misiones, etc. En realidad, los VANT se pueden clasificar en tres grupos: VANT de ala fija, VANT multirotor y VANT híbridos VTOL (de las siglas en inglés, de *Vertical Take-Off and Landing*) de despegue y aterrizaje vertical (Ozdemir *et al.*, 2014; Sanchez-Rivera *et al.*, 2020; Rehan *et al.*, 2022). Los VANT de ala fija vuelan de manera similar a un avión tradicional, y los fuselajes pueden variar tanto como los aviones tradicionales (Greenwood y Zekkos, 20019). Tienen muy buena resistencia

de vuelo, por lo que pueden cubrir grandes áreas en un solo vuelo; sin embargo, requieren un área de aterrizaje adecuada y requieren cierta habilidad por parte del piloto para aterrizarlos suavemente para evitar daños a la nave y los sensores (Boon *et al.*, 2017).

Por su lado, los VANT multirotor son estructuras sencillas propulsadas por múltiples hélices giratorias, fáciles de volar, despegar y aterrizar y con gran capacidad para realizar tareas con total autonomía (Nascimento y Saska, 2019); no obstante, tienen poca capacidad de tiempo de vuelo y por lo tanto una limitada área de cobertura (Cai *et al.*, 2014). Finalmente, los VANT híbridos VTOL combinan las capacidades de un ala fija (gran velocidad de crucero) y un multirotor (despegue y aterrizaje vertical) en una sola plataforma, heredando así las ventajas de ambos (Gu *et al.*, 2017; Sanchez-Rivera *et al.*, 2020).

Materiales y Métodos

El análisis bibliométrico es una técnica que ha sido utilizada como herramienta y base para monitorear el desempeño de la investigación de diversas disciplinas científicas (Goyal y Howlett, 2018; Lancho-Barrantes y Cantú-Ortiz, 2019). En este trabajo se empleó el paquete 'R Bibliometrix' de código abierto, propuesto para realizar análisis bibliométricos integrales que admiten un flujo de trabajo que consiste en la recopilación de datos, el análisis descriptivo y la visualización de resultados (Aria y Cuccurullo, 2017).

Los datos de Scopus Elsevier se recopilaron entre noviembre y diciembre de 2020 e incluyeron todos los datos registrados en las búsquedas hasta junio de ese año. Por medio de dicha recopilación construimos una base de datos para el periodo 1984-2020, organizándola a partir de la taxonomía jerárquica de los tres grupos de VANT: ala fija,

multirrotor e híbridos con capacidad de despegue y aterrizaje vertical (Sánchez-Rivera *et al.*, 2020) y los dieciséis dominios de investigación relacionados con las ciencias de la sustentabilidad (Kajikawa, 2008; Kajikawa *et al.*, 2007, 2014, 2017).

La estrategia de búsqueda se basó en la búsqueda por título del documento, resumen y palabras clave dentro de la base de datos de Scopus (<https://www.scopus.com>) tanto de la taxonomía jerárquica de los tres grupos de VANT, así como de los dieciséis dominios de investigación identificados. La búsqueda se realizó en inglés, español y portugués, con ciertas restricciones para minimizar los resultados falsos positivos y controlar los documentos clasificados en varios dominios simultáneamente. Las claves utilizadas en cada caso se presentan en las Tablas I y II. Debido a que los resultados se agruparon por tipo de VANT y dominio de investigación, fue posible identificar las publicaciones repetidas para cada tipología de búsqueda.

Resultados

Características generales de las publicaciones

La búsqueda realizada arrojó un total de 1.293 documentos científicos para quince de los dieciséis dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad y los tres tipos de tecnología de VANT para el periodo 1984-2020. Únicamente se encontró un trabajo anterior al 2000, de Boretz (1984), por lo que a partir de esta mención no es considerado dentro del resto de los análisis. Los documentos encontrados se distribuyen por igual en artículos de investigación y artículos en congresos, con 48% para cada uno de ellos, un 2,5% en capítulos de libro, y 1,5% en otros documentos tales como libros, artículos en prensa, comunicaciones cortas y notas. La Figura 1 muestra la producción de documentos basados en

TABLA I
CLAVES UTILIZADAS PARA LA BÚSQUEDA EN LOS TRES GRUPOS DE VANT

TITLE-ABS-KEY (("unmanned aircraft system" AND uas) OR ("unmanned aerial vehicle" AND uav) OR "aerial robot" OR drone OR ("Remotely Piloted Aircraft" AND rpa) OR "veículo aéreo não tripulado" OR "aeronave remotamente pilotada" OR "vehículo aéreo no tripulado")
AND TITLE-ABS-KEY (multirrotor OR multi-rotor OR rotorcraft OR rotor-craft)
TITLE-ABS-KEY ("fixed-wing")
TITLE-ABS-KEY ("vertical takeoff and landing" OR "vertical take-off and landing" OR VTOL)

TABLA II
CLAVES UTILIZADAS PARA LA BÚSQUEDA EN LOS DIECISÉIS DOMINIOS DE INVESTIGACIÓN IDENTIFICADOS

TITLE-ABS-KEY ("sustainable development" OR "desarrollo sustentable" OR "desarrollo sostenible" OR "desenvolvimento sustentável")
TITLE-ABS-KEY (fishery OR "fisheries" OR pesquerías OR pesquería OR pescaria OR pesca)
TITLE-ABS-KEY (agriculture OR "agricultura")
TITLE-ABS-KEY ("tropical rain forest" OR forest OR bosques OR selvas OR floresta)
TITLE-ABS-KEY ("biodiversity" OR biodiversidad OR biodiversidade)
TITLE-ABS-KEY (agroforestry OR agroforestería OR agrossilvicultura)
TITLE-ABS-KEY ("business" OR negocios OR negócio)
TITLE-ABS-KEY (energy OR "energy systems" OR energía OR energia)
TITLE-ABS-KEY ("water" OR "water resources" OR "água" OR "águas" OR "recursos hídricos")
TITLE-ABS-KEY ("urban planning" OR "planejamento urbano" OR "planificación urbana" OR "planeación urbana")
TITLE-ABS-KEY ("health" OR "saúde" OR "salud")
TITLE-ABS-KEY ("soil" OR "solo" OR "suelo")
TITLE-ABS-KEY ("wildlife" OR "animais selvagens" OR "fauna silvestre")
TITLE-ABS-KEY ("environmental systems" OR "environmental and social systems" OR "social-ecological system" OR "sistemas ambientais" OR "sistemas ambientais e sociais" OR "sistemas ambientais y sociales" OR "sistemas ambientais" OR "sistemas ambientais e sociais")
TITLE-ABS-KEY ("industry" OR "indústria" OR "industria")
TITLE-ABS-KEY ("tourism" OR turismo)

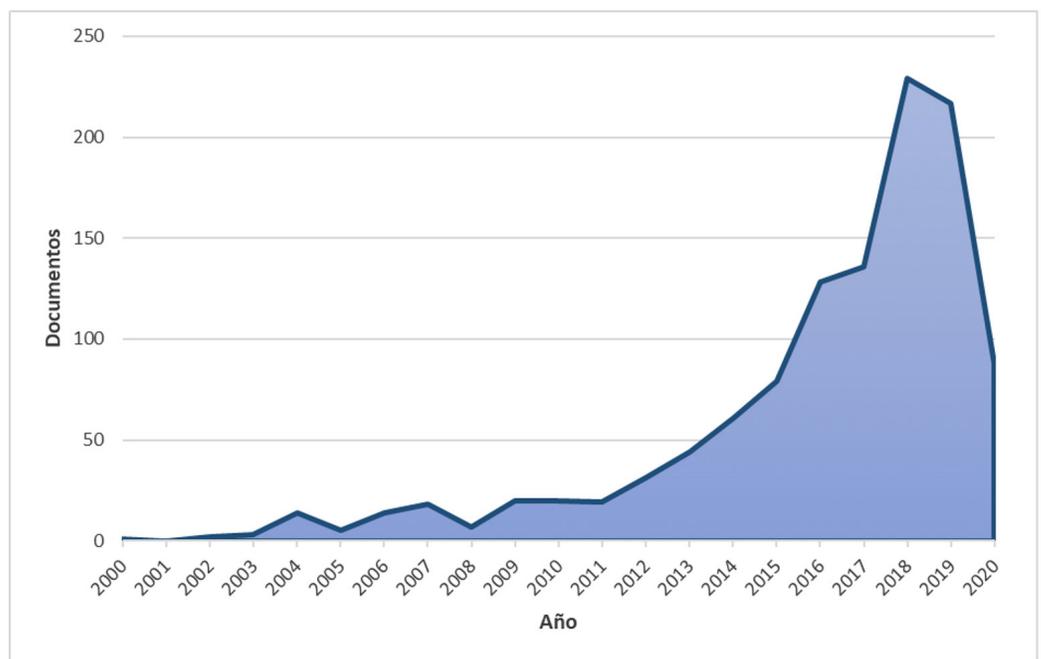


Figura 1. Producción de documentos científicos que emplean tecnología de drones en la investigación de las ciencias de la sustentabilidad. Para 2020 el número de documentos abarca solamente hasta el mes de junio.

tipos de VANT y dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad, desde 2000 hasta junio de 2020.

Se puede observar un incremento gradual, claramente diferenciado en dos décadas principales con tendencias variables en las publicaciones anuales. Aunque la investigación inició en el 2000, no es hasta bien entrada la primera década (2000-2010) que las publicaciones sobre estos temas empiezan a incrementarse discretamente. Por lo tanto, la proliferación real comenzó después de 2010, es decir, en la segunda década (2010-2020) y, a medida que pasa el tiempo, la investigación en este dominio ha crecido exponencialmente. Cuando vemos el desarrollo de la investigación en esta segunda década, solo en 5 años (2014-2018) se publicaron el 56% (633) de los trabajos recopilados para todo el periodo de tiempo.

El número promedio de autores por documento es de 3,9 con un porcentaje de autores únicos de apenas 1,8%. El índice de colaboración, definido como el número promedio de signatarios por publicación es de 4,3 lo que sugiere un esfuerzo colaborativo documentado de acuerdo con otros estudios bibliométricos (Liu *et al.*, 2011). El número de citas promedio por año por publicación es de 2,8 lo que indica una acumulación anual de casi tres veces del conocimiento acerca del empleo de tecnología de VANT en la investigación de las ciencias de la sustentabilidad. Finalmente, el número de publicaciones promedio por autor es de 0,2346 lo que habla de una gran cantidad de autores abordando estos temas.

Se han utilizado 471 publicaciones científicas para reportar investigaciones que emplean tecnología de VANT aplicada a las ciencias de la sustentabilidad. Las revistas más activas son: *Journal of Intelligent and Robotics Systems* (con 105 documentos en cinco dominios distintos), *Remote Sensing* (40 documentos en nueve dominios), *Proceedings of SPIE* (28 documentos en cinco dominios), *Transactions of the*

Chinese Society of Agricultural Engineering (22 documentos en siete dominios), e *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (diecinueve documentos en seis dominios). Mención aparte merece la publicación *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, que tiene apenas dieciocho publicaciones, pero con presencia dentro de diez dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad.

Las organizaciones de investigación que produjeron más documentos son de China: *Nanjing Agricultural University* (con 51 documentos en cinco dominios), *South China Agricultural University* (40 documentos en cuatro dominios) y *China Agricultural University* (30 documentos en cinco dominios) son las principales representantes. Adicionalmente, la *Istanbul Technical University* (46 documentos en 5 dominios) y la *University of Bristol* (39 documentos en ocho dominios) completan las cinco universidades con mayor número de documentos publicados.

Los primeros cinco países con la mayor producción científica sobre tecnología de VANT dentro de los grupos de investigación de las ciencias de la sustentabilidad son EEUU (con 1.069 documentos en trece dominios), China (716 documentos en once dominios), Italia (228 documentos en diez dominios), Australia (206 documentos en nueve dominios), y Reino Unido (198 documentos en doce dominios). Por su parte, los países latinoamericanos están encabezados por Brasil (con 136 documentos en nueve dominios), México (115 documentos en siete dominios), Colombia (33 documentos en seis dominios), Ecuador (25 documentos en tres dominios) y Perú (12 documentos en dos dominios).

Tecnología de VANT y dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad

Con respecto de los dieciséis dominios de investigación en

las ciencias de la sustentabilidad, identificados anteriormente, el dominio 9, correspondiente con el tema de energías, es el grupo con mayor cantidad de publicaciones científicas, además de contar con la única publicación anterior al año 2000. Le siguen los dominios 3 de agricultura, 8 de negocios, 10 de agua y 16 de industria como aquellos que complementan el top cinco de los grupos con mayor cantidad de publicaciones (Figura 2). Este conjunto de dominios de investigación representa el 75% las publicaciones científicas recopiladas.

En cuanto a la aparición temporal de los trabajos por dominio de investigación, el dominio 9 de energía, además de ser el más numeroso, incluye los primeros trabajos reportados. Los dominios 3 de agricultura, 10 de recursos hídricos, 8 de negocios, 16 de industria, 12 de salud, 5 de

bosques, 13 de suelos, 11 de planeación urbana y 1 de desarrollo sustentable, completan los trabajos iniciados en la primera década del año 2000; mientras que, los grupos 14 de fauna silvestre, 6 de biodiversidad, 4 de turismo, 2 de pesquerías y 7 de agroforestería, reportan artículos apenas en la última década.

En lo que respecta al número de publicaciones científicas por tipo de VANT en cada uno de los grupos de investigación, la Figura 3 muestra la proporción de publicaciones por tipo de VANT para cada uno de los dominios de investigación presentes. Esta figura permite observar que, para la mayoría de los dominios de investigación, existe una proporción casi por igual entre VANT de ala fija (43%) y VANT multirrotor (40%). Sin embargo, para los dominios 3 de agricultura, 7 de agroforestería, 10 de agua, 12 de salud y 16 de industria, la

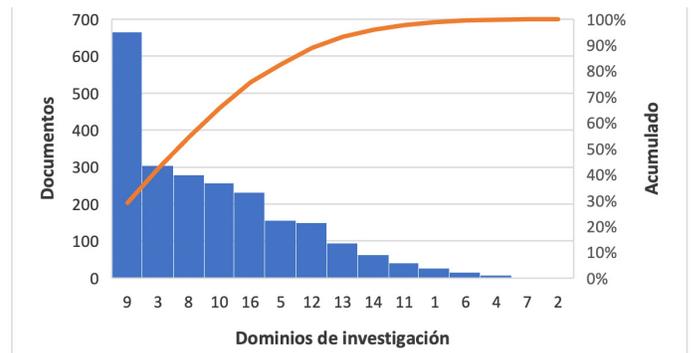


Figura 2. Número de documentos y porcentaje acumulado por dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad.

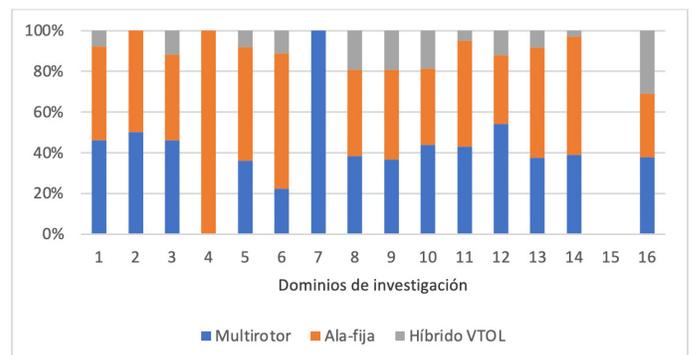


Figura 3. Proporción de publicaciones por tipo de drones para cada uno de los dominios en las ciencias de la sustentabilidad.

mayoría de las publicaciones corresponden a VANT de tipo multirrotor. Lo anterior es congruente con la gran capacidad autónoma de vuelo

Por otro lado, los dominios 9 de energía, 8 de negocios, 5 de bosques, 13 de suelos, 14 de fauna silvestre, 11 de planeación urbana y 4 de turismo, emplean mayoritariamente VANT de ala fija, ampliamente utilizados para cubrir rápidamente grandes distancias para aplicaciones de mapeo o mediciones a escala de kilómetros (Greenwood y Zekkos, 2019).

Finalmente, los VANT híbridos de despegue y aterrizaje vertical, se hallan apenas presentes en un porcentaje de alrededor del 10% e incluso en los dominios 2 de pesquerías y 4 de turismo, no tiene representación. Una excepción a lo anterior es el grupo 16 de industria, en donde los VANT híbridos VTOL, representan un 30% de las publicaciones.

Integración de dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad y tipos de VANT

De los 1.292 documentos identificados para el periodo 2000-2020, se encontraron 152 publicaciones repetidas para diez de los quince dominios de investigación. Los dominios con el mayor número de documentos repetidos fueron el dominio 9 de energía, el dominio 3 de agricultura y el dominio 8 de negocios con 50, 23 y 22 publicaciones respectivamente. Estos tres dominios representan el 62,5 % de las publicaciones que emplean diversos tipos de UAV dentro de uno o varios dominios a la vez. Se trata de documentos publicados alrededor de 2017 para los dominios de energía y agricultura, así como de 2014 para el dominio de negocios.

La combinación de tecnología de VANT emplea en mayor medida el binomio multirrotor - ala fija, siendo los principales dominios abordados: agua, bosques, fauna silvestre y agricultura. Sobresalen los estudios relacionados con la evaluación de los impactos perturbadores

de estas herramientas en la vida silvestre, principalmente en aves (McEvoy *et al.*, 2016; Lyons *et al.*, 2018; Wandrie *et al.*, 2019). Así como del uso de imágenes térmicas para el monitoreo de la vegetación (Sagan *et al.*, 2019) y multispectrales para la gestión del riego (Chávez *et al.*, 2018).

Por otra parte, el uso de VANT híbridos VTOL en combinación con ala fija y multirrotor fueron empleados para abordar problemas de los dominios de industria, negocios y energía. En este sentido, las principales aplicaciones están relacionadas con el diseño y la mejora de VANT híbridos VTOL (Ozdemir *et al.*, 2014; Berradi *et al.*, 2015; Rößler y Hornung, 2018). Así como su aplicación para la detección de derrames de petróleo (Andreotti *et al.*, 2020).

Discusión

Se han publicado varios estudios bibliométricos sobre los dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad (Kajikawa, 2008; Kajikawa *et al.*, 2007, 2014, 2017), así como del uso de VANT aplicados a la agricultura, los estudios forestales y la salud, entre otros temas relacionados a la sustentabilidad (Raparelli y Bajocco, 2019; Pulsiri y Vatananan-Thesenvitz, 2021). Sin embargo, no existen publicaciones que hayan integrado la tecnología de VANT en los dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad. Mediante la búsqueda de las publicaciones más relevantes de uso de VANT para cada uno de los dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad, este estudio bibliométrico presenta como datos más relevantes las tendencias de uso de tipos de VANT dentro de los dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad, su evolución a lo largo de dos décadas, y su distribución por tipo de publicaciones científicas, organizaciones de investigación y países.

El análisis bibliométrico es un método de investigación

utilizado para dar luz sobre la actividad científica en diversas áreas de conocimiento (Sweileh *et al.*, 2017; Sweileh, 2018; Serrano y Ariza-Montes, 2019). Así, este estudio bibliométrico no arroja exclusivamente un análisis cuantitativo preciso de la literatura sobre la aplicación de la tecnología de VANT en los dominios de investigación de las ciencias de la sustentabilidad; adicionalmente brinda información sobre la evolución, el volumen y el alcance de la investigación en el tema, ayudando a identificar dominios más o menos significativos, tipos de tecnología de VANT aplicada a diversos temas, y también sobre los tipos de publicaciones empleadas para difundir los estudios, las principales organizaciones de investigación y la participación de los diferentes países. El estudio hace evidentes algunas facetas del estado actual de la investigación científica sobre la aplicación de la tecnología de VANT en los dominios de investigación de las ciencias de la sustentabilidad.

La tecnología de VANT empleada dentro de los dominios de investigación de las ciencias de la sustentabilidad está distribuida por igual en artículos de investigación y artículos en congresos, lo que habla de su alto dinamismo de publicación y sentido temático de aplicación. Se observa un incremento gradual en el número de publicaciones principalmente durante la segunda década, caracterizado por un alto índice de colaboración y representación en diversas áreas geográficas, sin incluir de manera importante a Latinoamérica. En este sentido, en nuestra región se han documentado numerosas experiencias de uso de VANT encaminadas a mejorar la defensa territorial, caracterizadas principalmente por estudios sobre grupos indígenas cuyos territorios enfrentan muchas amenazas (Vargas-Ramírez y Paneque-Gálvez, 2019). No obstante, debido a la fuente de los datos de este estudio bibliométrico, quedaron fuera del ámbito de estudio de las ciencias de la sustentabilidad.

Los dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad son abordados de manera diferenciada por la tecnología de VANT, destacando los dominios de energía, agricultura, negocios, agua e industria que agrupan el 75% las publicaciones científicas recopiladas. Por otro lado, a excepción del dominio de sistemas socioecológicos que no presenta resultados, así como del dominio de turismo que emplea exclusivamente VANT de ala fija y el dominio 7 de agroforestería que emplea únicamente VANT multirrotor, el resto de los dominios son abordados por diferentes tipos de tecnología VANT. Once de los quince dominios con publicaciones presentan aplicaciones compartidas para dos o más tipos de tecnología de VANT. Incluso, en algunos dominios como el de agricultura, energía e industria, las aplicaciones incluyen a los tres tipos de VANT considerados en este trabajo.

No obstante que algunos dominios se superponen y algunos artículos repetidos debieron clasificarse como pertenecientes a más de un tipo de tecnología VANT, creemos que estos inconvenientes en realidad hacen evidente el estado actual de la tecnología de VANT y su aplicación a múltiples propósitos. Principalmente en aquellos casos de tecnología de VANT híbridos de despegue y aterrizaje vertical que se pueden considerar como una combinación de diseños de VANT multirrotor y de ala fija (Byun, 2016)

Actualmente las ciencias de la sustentabilidad parecen estar dirigiéndose hacia un ámbito de investigación interdisciplinario y transdisciplinario basado en sistemas socioecológicos acoplados y sistemas socioeconómicos integrados (Kajikawa *et al.*, 2017). Sin embargo, el presente estudio no alcanza a identificar aplicaciones por tipo de tecnología de VANT dentro del dominio de sistemas socioecológicos. Exclusivamente se identifican dominios de investigación previamente separados que abordan temas que se están integrando para ayudar a

resolver problemas dinámicos y complejos que deterioran la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos.

Conclusiones

El estudio sobre la producción científica en un área del conocimiento determinado es un buen indicador del modo en que ha sido investigada y dada a conocer, y también permite conocer la progresión de la investigación y de la generación de conocimiento. El análisis bibliométrico realizado en este trabajo ofrece información sobre las tendencias de investigación y actualidad de los dominios de las ciencias de la sustentabilidad durante los últimos veinte años.

Aunque nuestros resultados identifican aplicaciones diferenciadas y compartidas de la tecnología de VANT dentro de los dominios de investigación en las ciencias de la sustentabilidad, es necesario continuar el trabajo acerca de cómo la tecnología de VANT se integra dentro de las ciencias de la sustentabilidad para la resolución de problemas compartidos.

REFERENCIAS

- Andreotti M, Peixoto AJ, Monteiro JC, Halfeld R, Azambuja I, Vargas L, Neves AF, Costa RR, Ouvinã R, Valentim SS, Liporace JP, Norões HPP, Coelho, RBD, Joyeux S, Vasconcelos TM, Vieira GA, LeMerrer A, Aguirre RP (2020) ARIEL: An autonomous robotic system for oil spill detection. Offshore Technology Conference. Houston, TX, EEUU (04-07/05/2020). <https://doi.org/10.4043/30894-MS>
- Aria M, Cuccurullo C (2017) Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *J. Informetr.* 11: 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Balvanera P, Astier M, Gurri FD, Zermeño-Hernández I (2017) Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 88: 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.005>
- Berradi S, Moutaouakkil F, Medromi H (2016) Hybrid electrical architecture for vertical takeoff and landing unmanned aerial vehicle. En Sabir, E., Medromi, H., Sadik, M. (Eds.) *Advances in Ubiquitous Networking. UNet 2015*. Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 366. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-287-990-5_35
- Boon MA, Drijfhout AP, Tesfamichael S (2017) Comparison of a fixed-wing and multi-rotor uav for environmental mapping applications: A case study. *Int. Arch. Photogram. Rem. Sens. Spat. Inf. Sci.* 42: 47-54. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W6-47-2017>
- Boretz J (1984) Propane powered engine for long duration unmanned aircraft. *20th Joint Propulsion Conf.* Cincinnati, OH, EEUU (11-13/06/1984). p. 1431. <https://doi.org/10.2514/6.1984-1431>
- Byun Y, Song J, Song W, Kang B (2016) Conceptual study of a smart docking system for VTOL-UAV. *J. Aerosp. Eng.* 292: 04015053. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)as.1943-5525.0000508](https://doi.org/10.1061/(asce)as.1943-5525.0000508)
- Cai G, Dias J, Seneviratne L (2014) A survey of small-scale unmanned aerial vehicles: Recent advances and future development trends. *Unmann. Syst.* 2: 175-199. <https://doi.org/10.1142/S2301385014300017>
- Chávez JL, Zhang H, Capurro MC, Masih A, Altenhofen J (2018) Evaluation of multispectral unmanned aerial systems for irrigation management. En *Proc. Vol. 10664: Autonomous Air and Ground Sensing Systems for Agricultural Optimization and Phenotyping III*. pp. 201-209. <https://doi.org/10.1117/12.2305076>
- Cohen M (2017) A systematic review of urban sustainability assessment literature. *Sustainability* 9(11): 2048. <https://doi.org/10.3390/su9112048>
- Daponte P, De Vito L, Glielmo L, Iannelli L, Liuzza D, Picariello F, Silano G (2019, May) A review on the use of drones for precision agriculture. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 275(1): 012022. <https://doi.org/10.1088/17551315/275/1/012022>
- Fu B (2020) Promoting geography for sustainability. *Geogr. Sustainability* 1: 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.02.003>
- González-Jorge H, Martínez-Sánchez J, Bueno M, Arias P (2017) Unmanned aerial systems for civil applications: A review. *Drones* 1(1): 2. <https://doi.org/10.3390/drones1010002>
- Goyal N, Howlett M (2018) Lessons learned and not learned: Bibliometric analysis of policy learning. En Dunlop C, Radaelli C, Trein P (Eds.) *Learning in Public Policy. International Series on Public Policy*. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76210-4_2
- Greenwood WW, Lynch JP, Zekkos D (2019) Applications of UAVs in civil infrastructure. *J. Infrastruct. Syst.* 25(2): 04019002. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000464](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000464)
- Gruen RL, Elliott J H, Nolan ML, Lawton PD, Parkhill A, McLaren CJ, Lavis JN (2008) Sustainability science: an integrated approach for health-programme planning. *Lancet* 372(9649): 1579-1589. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61659-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61659-1)
- Gu H, Lyu X, Li Z, Shen S, Zhang F (2017) Development and experimental verification of a hybrid vertical take-off and landing (VTOL) unmanned aerial vehicle (UAV). *Int. Conf. on Unmanned Aircraft Systems*. pp. 160-169. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICUAS.2017.7991420>
- Harrington LMB (2016) Sustainability theory and conceptual considerations: a review of key ideas for sustainability, and the rural context. *Papers Appl. Geogr.* 2: 365-382. <https://doi.org/10.1080/23754931.2016.1239222>
- Herrera RG, Navarrete JPU, Pinto IS, Esquivel RM, Cabrera FÁ, Moguel CZ, Salazar RC (2019) Drones. Aplicaciones en ingeniería civil y geociencias. *Interiencia* 44: 326-331.
- Jerneck A, Olsson L, Ness B, Anderberg S, Baier M, Clark E, Hickler T, Hornborg A, Kronsell A, Löybrand E, Persson J (2011) Structuring sustainability science. *Sustainab. Sci.* 6: 69-82. <https://doi.org/10.1007/s11625-010-0117-x>
- Jiménez López J, Mulero-Pázmány M (2019) Drones for conservation in protected areas: present and future. *Drones* 3(1): 10. <https://doi.org/10.3390/drones3010010>
- Kajikawa Y (2008) Research core and framework of sustainability science. *Sustainab. Sci.* 3: 215-239. <https://doi.org/10.1007/s11625-008-0053-1>
- Kajikawa Y, Ohno J, Takeda Y, Matsushima K, Komiyama H (2007) Creating an academic landscape of sustainability science: an analysis of the citation network. *Sustainab. Sci.* 2: 221. <https://doi.org/10.1007/s11625-007-0027-8>
- Kajikawa Y, Saito O, Takeuchi K (2017) Academic landscape of 10 years of sustainability science. *Sustainab. Sci.* 12: 869-873. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0477-6>
- Kajikawa Y, Tocoa F, Yamaguchi K (2014) Sustainability science: the changing landscape of sustainability research. *Sustainab. Sci.* 9: 431-438. <https://doi.org/10.1007/s11625-014-0244-x>
- Kates RW (2011) What kind of a science is sustainability science? *Proc. Nat. Acad. Sci.* 108(49): 19449-19450. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116097108>
- Komiyama H, Takeuchi K (2006) Sustainability science: building a new discipline. *Sustainab. Sci.* 1: 1-6. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0007-4>
- Kraus S, Li H, Kang Q, Westhead P, Tiberius V (2020) The sharing economy: a bibliometric analysis of the state-of-the-art. *Int. J. Entrepren. Behav. Res.* 26: 1769-1786. <https://doi.org/10.1108/IJEBR-06-2020-0438>
- Kumar KVMS, Sohail M, Mahesh P, Nelakuditi UR (2018) Crowd monitoring and payload delivery drones using quadcopter-based UAV system. *IEEE 2018 Int. Conf. on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*. Tirunelveli, India (13-14/06/2018). pp. 22-25. <https://doi.org/10.1109/ICSSIT.2018.8748421>
- Lancho-Barrantes BS, Cantú-Ortiz FJ (2019) Science in Mexico: a bibliometric analysis. *Scientometrics* 118: 499-517. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2985-2>
- Lyons M, Brandis K, Callaghan C, McCann J, Mills C, Ryall S, Kingsford R (2018) Bird interactions with drones, from individuals to large colonies. *Austral. Field Ornithol.* 35: 51-56. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.477965736750809>
- McEvoy JF, Hall GP, McDonald PG (2016) Evaluation of unmanned aerial vehicle shape, flight path and camera type for waterfowl surveys: disturbance effects and species recognition. *Peer J.* 4: e1831 <https://doi.org/10.7717/peerj.1831>
- Miller TR (2013) Constructing sustainability science: emerging perspectives and research trajectories. *Sustainab. Sci.* 8: 279-293. <https://doi.org/10.1007/s11625-012-0180-6>
- Moral-Muñoz JA, Herrera-Viedma E, Santisteban-Espejo A, Cobo MJ (2020) Software tools for

- conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. *El Profesional de la Información* 29(1): 4. <https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>
- Nascimento TP, Saska M (2019) Position and attitude control of multi-rotor aerial vehicles: A survey. *Annu. Rev. Control* 48: 129-146. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2019.08.004>
- Ong W, Srigrarom S, Hesse H. (2019) Design methodology for heavy-lift unmanned aerial vehicles with coaxial rotors. *AIAA Scitech 2019 Forum*. 07-11/01/2019. San Diego, CA, EEUU. p. 2095. <https://doi.org/10.2514/6.2019-2095>
- Ostrom E (2009) A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325(5939): 419-422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Ozdemir U, Aktas YO, Vuruskan A, Dereli Y, Tarhan AF, Demirbag K, Erdem A, Kalaycioglu GD, Ozkol I, Inalhan G (2014) Design of a commercial hybrid VTOL UAV system. *J. Intell. Robot. Syst.* 74: 371-393. <https://doi.org/10.1007/s10846-013-9900-0>
- Park J, Kim S, Suh K (2018) A comparative analysis of the environmental benefits of drones-based delivery services in urban and rural areas. *Sustainability* 10: 888. <https://doi.org/10.3390/su10030888>
- Pulsiri N, Vatananan-Thesenvitz R (2021) Drones in emergency medical services: a systematic literature review with bibliometric analysis. *Int. J. Innov. Technol. Manag.* 18(4): 2097001. <https://doi.org/10.1142/S0219877020970019>
- Raparelli E, Bajocco S (2019) A bibliometric analysis on the use of unmanned aerial vehicles in agricultural and forestry studies. *Int. J. Rem. Sens.* 40: 9070-9083. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1569793>
- Rehan M, Akram F, Shahzad A, Shams TA, Ali Q (2022) Vertical take-off and landing hybrid unmanned aerial vehicles: An overview. *Aeronaut. J.* 1-41. <https://doi.org/10.1017/aer.2022.29>
- Rößler C, Hornung M (2018) Electric VTOL UAV configuration studies and optimization within aircraft design practical course at Technical University of Munich. En *31st Cong. Int. Council of the Aeronautical Sciences*. Belo Horizonte, Brasil. (09-14/09/2018). 9 pp.
- Ruggerio CA (2021) Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. *Sci. Total Environ.* 786: 147481. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147481>
- Sagan V, Maimaitijiang M, Sidike P, Eblimit K, Peterson KT, Hartling S, Esposito F, Khanal K, Newcomb M, Pauli D, Ward R, Fritschi F, Shakoore N, Mockler T (2019) UAV-based high resolution thermal imaging for vegetation monitoring, and plant phenotyping using ICI 8640 P, FLIR Vue Pro R 640, and thermomap cameras. *Rem. Sens.* 11: 330. <https://doi.org/10.3390/rs11030330>
- Salas-Zapata WA, Ríos-Osorio LA, Álvarez del Castillo J (2011) La ciencia emergente de la sustentabilidad: de la práctica científica hacia la constitución de una ciencia. *Interciencia* 36: 699-706.
- Sanchez-Rivera LM, Lozano R, Arias-Montano A (2020) Development, modeling and control of a dual tilt-wing UAV in vertical flight. *Drones* 4(4): 71. <https://doi.org/10.3390/drones4040071>
- Sankey T, Donager J, McVay J, Sankey JB (2017) UAV lidar and hyperspectral fusion for forest monitoring in the southwestern USA. *Rem. Sens. Environ.* 195: 30-43. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.04.007>
- Serrano L, Sianes A, Ariza-Montes A (2019) Using bibliometric methods to shed light on the concept of sustainable tourism. *Sustainability* 11(24): 6964. <https://doi.org/10.3390/su11246964>
- Stock P, Burton RJ (2011) Defining terms for integrated (multi-inter-trans-disciplinary) sustainability research. *Sustainability* 3: 1090-1113. <https://doi.org/10.3390/su3081090>
- Sweileh WM (2018) Research trends on human trafficking: a bibliometric analysis using Scopus database. *Globaliz. Health* 14: 106. <https://doi.org/10.1186/s12992-018-0427-9>
- Sweileh WM, Al-Jabi SW, AbuTaha AS, Zyoud SEH, Anayah F, Sawalha AF (2017) Bibliometric analysis of worldwide scientific literature in mobile - health: 2006-2016. *BMC Med. Inf. Decis. Mak.* 17: 72. <https://doi.org/10.1186/s12911-017-0476-7>
- Vargas-Ramírez N, Paneque-Gálvez J (2019) The global emergence of community drones (2012-2017). *Drones* 3(4): 76. <https://doi.org/10.3390/drones3040076>
- Wandrie LJ, Klug PE, Clark ME (2019) Evaluation of two unmanned aircraft systems as tools for protecting crops from blackbird damage. *Crop Protec.* 117: 15-19. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.11.008>
- Whitehead K, Hugenholtz CH, Myshak S, Brown O, LeClair A, Tamminga A, Barchyn TE, Moorman B, Eaton B (2014). Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 1: a review of progress and challenges. *J. Unmann. Vehicle Syst.* 2(3): 69-85. <https://doi.org/10.1139/juvs-2014-0006>