

Análisis bibliométrico de las publicaciones relacionadas con el uso de las tecnologías de la información y comunicaciones en la agricultura

Bibliometric analysis of publications related to the use of information and communication technologies in agriculture

Juan Manuel Sánchez Céspedes¹, Juan Pablo Rodríguez Miranda², Alejandro Paolo Daza Corredor³

Resumen:

El estudio objetivó analizar, mediante indicadores bibliométricos, las publicaciones relacionadas con el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) en la Agricultura entre 2014 y 2023 y así encontrar tendencias en esta área del saber. La metodología aplicada fue descriptiva y cuantitativa. Inicialmente se realizó la búsqueda las publicaciones en la base de datos SCOPUS, a través de una ecuación de búsqueda.

¹ Magíster en Administración, Especialista en Teleinformática, Ingeniero Electrónico. Profesor Asociado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería. Contacto: jmsanchezc@udistrital.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9101-2936>. Bogotá D.C., Colombia

² Doctor en Ingeniería, Magíster en Ingeniería Ambiental, Magíster en Gestión y Evaluación Ambiental, Ingeniero Sanitario y Ambiental. Profesor Titular, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Contacto: jprodriguez@udistrital.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3761-8221>. Bogotá D.C., Colombia.

³ Magíster en Dirección e Ingeniería en sitios web, Especialista en Ingeniería de Software, Ingeniero de Sistema. Profesor Asistente, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3089-1233>. Contacto: apdazac@udistrital.edu.co. Bogotá D.C., Colombia.

Se obtuvieron 2.825 publicaciones, la mayoría de esas publicaciones fueron de China, India y Estados Unidos. Se han incrementado el número de publicaciones desde el año 2018 y se ha mantenido estable desde el año 2020. Se identificaron dos tendencias temáticas, la primera es el uso de la TIC para ayudar a fomentar la agricultura sostenible y la segunda tendencia es el desarrollo de investigaciones para implementar la agricultura inteligente usando especialmente el Internet de las Cosas (IoT).

Palabras clave: Agricultura, tecnologías de la información y comunicaciones, desarrollo sostenible, agricultura de precisión, agricultura inteligente, *big data*, internet de las cosas, redes de sensores inalámbricos.

Abstract:

The objective of the study was to analyze, through bibliometric indicators, publications related to the use of Information and Communication Technologies (ICT) in agriculture between 2014 and 2023 and thus find trends in this area of knowledge. The methodology applied was descriptive with a quantitative approach. Initially, the publications were searched in the SCOPUS database, through a search equation. A total of 2,825 publications were obtained, most of them from China, India, and the United States. There has been an increase in the number of publications since 2018 and has been stable since 2020. Two thematic trends were identified, the first is the use of ICT to help promote sustainable agriculture and the second trend is the development of research to implement smart agriculture using especially the Internet of Things (IoT).

Keywords: Agriculture, information and communications technologies, sustainable development, precision agriculture, smart agriculture, big data, internet of things, wireless sensor networks.

I. INTRODUCCIÓN

La vocación agrícola en varias regiones del mundo se ha ido perdiendo por diferentes razones como el crecimiento desmedido en las zonas periurbanas ocupando tierras de vocación agrícola [1]–[5]. La emigración de zonas rurales en busca de una mejor calidad de vida [6]–[9]. También el desarrollo de prácticas de agricultura intensiva que deterioran la calidad de los suelos [10]. Los altos costos de producción [11] y la variación de los precios de los productos agrícolas [12]. Esto hace que el sector sea poco rentable para el usufructuador de la tierra y prefiera dedicarse a otras actividades económicas. Por ejemplo, en Colombia solo el 15% de las tierras aptas para cultivo

se usan con este fin; en cambio, el otro 85% de tierras cultivables se están usando para otras actividades, como ganadería, turismo o simplemente no tienen ningún uso [13], [14].

Por esta problemática, y entendiendo la importancia del sector agrícola para la sociedad, investigadores en el área han planteado soluciones, que ayuden a mejorar la productividad del sector y de esta forma mejorar su rentabilidad. Una de estas soluciones ha sido introducir al sector agrícola las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC).

Por lo cual, el presente artículo analiza usando indicadores bibliométricos, las publicaciones científicas que muestren como las TIC se pueden usar en el sector agrícola para mejorar su productividad. El artículo tiene primero la presente introducción, luego la explicación de las TIC y sus tecnologías más relevantes en los últimos años aplicadas al sector agrícola, luego se explica la metodología aplicada, para así presentar los resultados obtenidos al aplicar los indicadores bibliométricos, y por último se presenta las conclusiones.

II. LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES (TIC)

Las TIC se pueden entender como los recursos tecnológicos que pueden ser hardware, software o servicios de telecomunicaciones, que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como voz, datos, texto, video e imágenes; para facilitar la comunicación de dos o más interesados en la información [15]. Por lo que en este capítulo se explicarán brevemente las principales tecnologías TIC utilizadas para mejorar el desarrollo del sector agrícola.

- *Internet of Things (IoT)*. Internet de las Cosas es un sistema que permite crear una red de datos mediante Internet que integra objetos reales para intercambiar información, equipados con sensores. Esto permite el intercambio de información entre los objetos y usuarios, para así poder monitorear y controlar el sistema [16].
- *Cellular Telephone Systems*. Los sistemas de telefonía celular es un sistema de comunicación personal móvil, que permite el intercambio de información, ya sea de voz, video o datos. El principio básico consiste en que el canal de comunicación establecido puede reutilizarse en diferentes áreas geográficas de un tamaño determinado. A esta área geográfica es llamada celda.[17]

- *Wireless Sensor Network (WSN)*. Son redes que usan sensores para detectar eficazmente el entorno externo y luego, con la ayuda de una red inalámbrica para la transmisión de información, a los usuarios de la red. Se usa espacialmente para la recopilación de datos y está estrechamente ligado con el desarrollo del Internet de las Cosas – IoT [18].
- *Sistemas de Soporte de Decisiones (DSS)*. Estos son sistemas computacionales que se usan para ayudar el proceso de toma de decisiones complejas y la resolución de problemas. El sistema tradicionalmente tiene tres características, la primera característica es que debe tener sólidas capacidades de gestión de bases de datos, la segunda característica es tener funciones de modelado a las que accede un sistema de gestión de modelos, y la tercera característica es poseer una interfaz gráfica amigable al usuario [19].
- *Inteligencia Artificial*. La inteligencia artificial se puede definir como “la capacidad de una máquina para realizar funciones cognitivas asociadas a la mente humana, como percibir, razonar, aprender, interactuar con el entorno, resolver problemas e incluso ejercitar la creatividad” [20].
- *Cloud Computing*. Computación en la nube es la entrega de servicios informáticos, incluidos servidores, almacenamiento, bases de datos, redes, software, análisis e inteligencia, a través de Internet a la cual es llamada "la nube".
- *Big Data and Data Mining*. *Big Data* lo definen como “el término que describe grandes volúmenes de datos de alta velocidad, complejos y variables que requieren técnicas y tecnologías avanzadas para permitir la captura, almacenamiento, distribución, gestión y análisis de la información” [17], [21]. *Data Mining* es el proceso de extracción de datos que contiene la información requerida en un gran volumen de datos, usando diferentes algoritmos de búsqueda, los cuales pueden encontrar patrones ocultos que con las técnicas tradicionales estadísticas no se podían fácilmente determinar [22].

El uso de estas tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la agricultura permite lo que varios autores llaman la agricultura de precisión la cual se puede definir como la aplicación de las TIC para proporcionar, procesar y analizar datos de múltiples fuentes de alta resolución espacial y temporal para la toma de decisiones y operaciones en el manejo de la producción de cultivos [23], también recibe el nombre de agricultura inteligente.

III. METODOLOGÍA

Por el tipo de estudio realizado la metodología aplicada fue de tipo descriptivo con enfoque cuantitativo. El estudio tiene dos pilares temáticos que son la agricultura y las TIC. Además, se determinó que se usaría como base de datos SCOPUS, por ser una de las bases de datos científicas más grandes y reconocidas en el mundo científico, por la calidad de las fuentes científicas que están adscritas a ella. Para la búsqueda se estableció la siguiente ecuación de búsqueda:

(TITLE-ABS-KEY ("Agricultur" OR "agro*" OR "agraria*" OR "farm*" OR "agricol*" OR "agrícol*" AND "Information" AND "technology" AND "communications") AND NOT TITLE-ABS-KEY (milk and animal))*

El período de búsqueda fue de los últimos 10 años, esto comprende desde el año 2014 hasta el año 2023. La búsqueda se realizó el 08 de febrero de 2024. En total se encontraron 2825 publicaciones. Entre los criterios de la búsqueda también están solo publicaciones finalizadas, que se hayan presentado como artículo científico o de revisión en revista científica o en conferencia.

Se analizaron 4 aspectos las publicaciones, entidades patrocinadoras, autores y temáticas. Los indicadores usados se describen en la Tabla 1. Los softwares que se usaron para la aplicación de los indicadores bibliométricos fueron *VOSViewer* y *Bibliometrix de StudioR*.

Tabla 1. Indicadores Bibliométricos

Análisis	Indicador	Descripción
Publicaciones	Comportamiento histórico de las publicaciones	Este indicador muestra la cantidad de publicaciones anuales sobre el tema
	Publicaciones por Países	Este indicador muestra la cantidad de publicaciones que tuvo cada país en el tema
	Producción anual de publicaciones por países	Este indicador muestra la producción anual de publicaciones por país

Análisis	Indicador	Descripción
	Citaciones totales por países	Este indicador presenta el total de citas que han tenido las publicaciones por país
	Citación promedio por artículo de los países	Este indicador presenta el promedio de citas que tiene los artículos de un país
Entidades Patrocinadoras	Publicaciones por entidades patrocinadoras	Este indicador muestra el número de publicaciones que se tiene por entidad patrocinadora
Autores	Número de publicaciones por autor	Este indicador muestra el número de publicaciones que se tiene por autor
	Red de citación bibliográficas entre autores	Este indicador muestra la red de citas que se tiene por autor
Temas	Principales Palabras Clave	Este indicador muestra la cantidad total de veces que aparece una palabra clave en el total de artículos
	Grupos de Palabras Clave	Es la agrupación de palabras claves que se genera a partir de los grupos de palabras claves que tiene cada artículo
	Mapa temático	Es un esquema donde los grupos de palabras clave se distribuyen en dos ejes que son grado de desarrollo y de relevancia

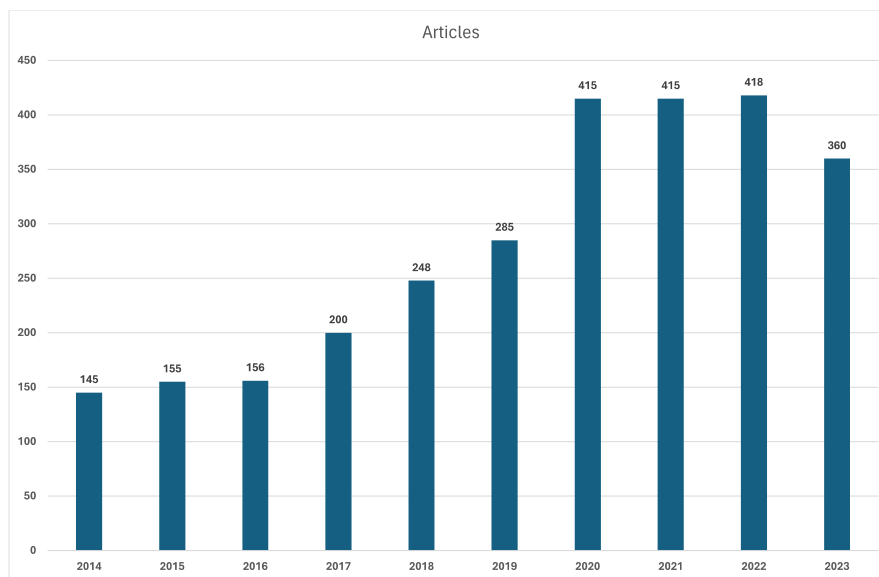
Fuente: Autores

A partir de los resultados obtenidos con los indicadores bibliométricos se procedió a su análisis y luego se obtuvieron las conclusiones.

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Como se explicó en la metodología los resultados y análisis se realizaron desde 4 aspectos publicaciones, autores, entidades patrocinadoras y temáticas, las cuales e presentan a continuación. En la Figura 1 se puede observar el comportamiento histórico de las publicaciones desde el año 2014 hasta el 2024.

Figura 1. Comportamiento histórico de las publicaciones año 2014 a 2023



Fuente: SCOPUS

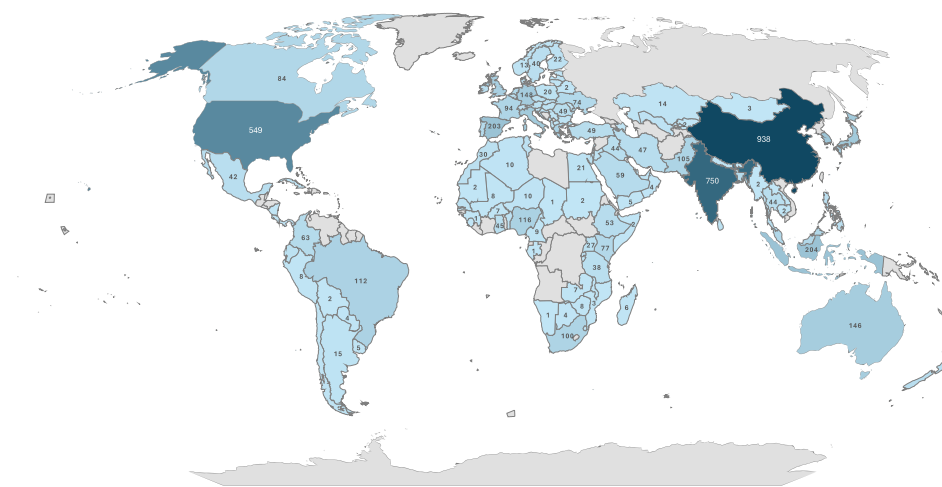
Como se observa entre los años 2014 y 2016 había un interés moderado en el tema, donde las publicaciones anuales promediaban alrededor de 150. A partir del año 2017, se comenzó a incrementar las publicaciones científicas relacionadas con el uso de las TIC en el sector agrícola, el incremento anual fue aproximadamente de 40 publicaciones hasta el año 2019; pero, en el año 2020 se presentó un fuerte incremento anual de 130 publicaciones llegando la producción de ese año a 415, una de las posibles razones de este fuerte incremento fue la pandemia del Covid-19, la cual volcó el interés científico a sectores de salud y agricultura. Entre los años 2020 y 2022 se mantuvo constante el número de publicaciones, indicando el fuerte interés científico en el tema, además, en estos años se presentó un fuerte incremento en los costos de los insumos agrícolas debido a la guerra que se presenta entre Rusia y Ucrania. Para el año 2023, el número de publicaciones en un 14% con 360 publicaciones, que sigue siendo un número considerable.

Es evidente la preocupación de la comunidad científica en desarrollar e implementar nuevas tecnologías TIC en el sector agrícola debido a la preocupación mundial en solucionar el problema de inseguridad alimentaria que se presenta en algunas regiones Asia, Latinoamérica y África [24]–[28].

Distribución de Publicaciones por Países

En total fueron 2825 publicaciones encontradas. En la Figura 2, se presenta un mapa global de los países, con el número de publicaciones. En la Tabla 2 aparece los 20 países con mayor cantidad de publicaciones sobre el tema, mostrando la cantidad y el porcentaje de participación.

Figura 2. Distribución global de las publicaciones.



Fuente: SCOPUS, elaborado en Microsoft Excel®

Tabla 2. Publicaciones por Países

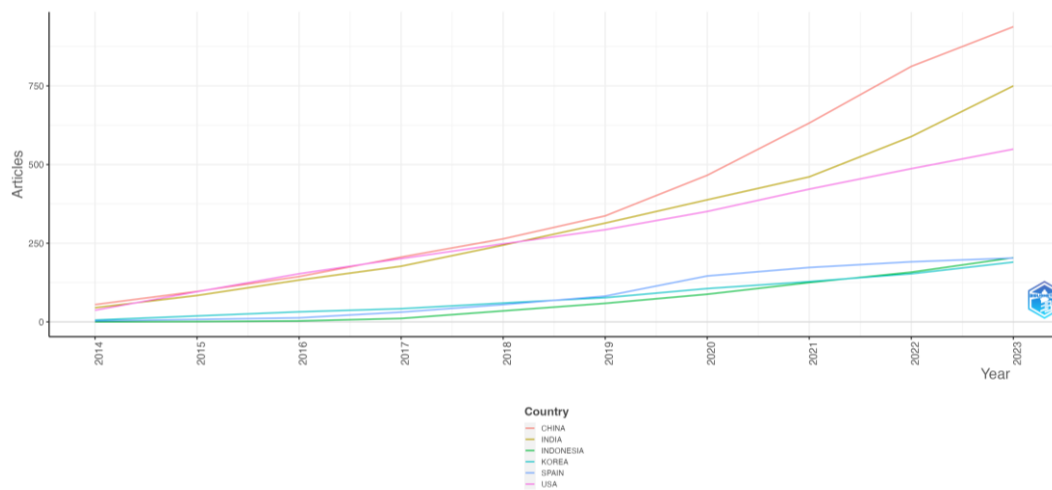
Country	Publications	Percentage
China	938	15,07%
India	750	12,05%
Usa	549	8,82%
Indonesia	204	3,28%
Spain	203	3,26%
South korea	190	3,05%
Japan	164	2,64%
Italy	159	2,56%
Germany	148	2,38%
Australia	146	2,35%
Uk	130	2,09%

Country	Publications	Percentage
Greece	116	1,86%
Nigeria	116	1,86%
Brazil	112	1,80%
Pakistan	105	1,69%
South africa	100	1,61%
France	94	1,51%
Malaysia	86	1,38%
Canada	84	1,35%
Netherlands	80	1,29%

Fuente: SCOPUS

Como se observa en la Tabla 1 y la figura 2, son 3 los países líderes en la producción científica referente al uso de las TIC en la agricultura los cuales son China, India y Estados Unidos. En la Figura 3, se puede observar la producción anual de los países con mayor producción científica, en esta figura se ve claro como la producción científica mundial la está liderando China, India y Estados Unidos, los cuales están promoviendo avances científicos en el área.

Figura 3. Producción anual de publicaciones por países.



Fuente: SCOPUS, elaborado en Bibliometrix

Para entender el impacto de los países y sus publicaciones, en la Tabla 3 y la Tabla 4 se muestra los países con más citas y los países con más citas promedio por artículo.

Tabla 3. Citaciones Totales por Países

Country	TC
Usa	3603
China	3589
United kingdom	2667
Netherlands	2514
India	2294
Spain	1688
Italy	1221
Korea	1195
Greece	1104
Australia	1055

Fuente: SCOPUS, elaborado en Bibliometrix

Tabla 4. Citación promedio por artículo de los países

Country	Average Article Citations
Netherlands	114,30
United Kingdom	80,80
Croatia	76,30
Finland	46,20
Bosnia	40,00
Sweden	39,80
Lebanon	38,00
Colombia	37,20
Portugal	36,90
Greece	36,80

Fuente: SCOPUS, elaborado en Bibliometrix

En la Tabla 3, se observa que India a pesar de ser el país con la segunda producción científica mundial más grande, las citaciones no son tan altas como correspondería, comparado con Estados

Unidos y China; en cambio, el Reino Unido y Países Bajos, a pesar de no tener la gran cantidad de producción científica que tiene India, estos países lo superan en cantidad de citas. En la Tabla 4, muestra la citación promedio anual por artículo separado por países, en el cual se evidencia la importancia científica que tiene sobre el tema Países Bajos y Reino Unido en el mundo, a pesar de que sus números de publicaciones no son tan altas comparadas con China, India y Estados Unidos.

Análisis Entidades Patrocinadoras

En la tabla 5 se presenta las cinco principales entidades patrocinadoras de las investigaciones que dieron resultado las publicaciones científicas.

Tabla 5. Publicaciones por Entidades Patrocinadoras

Patrocinador	Publicaciones
National Natural Science Foundation of China	85
European Commission	58
Horizon 2020 Framework Programme	35
European Regional Development Fund	25
National Science Foundation	23

Fuente: SCOPUS

La Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China (NSFC) es una institución de carácter público que se encarga de administrar el Fondo Nacional de Ciencias Naturales del Gobierno Central de China [29]; esta entidad es la principal patrocinadora mundial con 85 publicaciones al respecto. La Comisión Europea está en segundo lugar con 58 publicaciones; esta entidad es de carácter público y es la encargada de desarrollar e implementar las políticas colectivas de la Unión Europea [30]. El tercer patrocinador con mayor número de publicaciones es el de Horizonte 2020, este es un programa que se desarrolló entre los años 2014 al 2020, para investigación y desarrollo de la Unión Europea [31].

El cuarto patrocinador con 25 publicaciones corresponde a la Fundación para el desarrollo regional de Europa, el cual tiene como objetivo fortalecer la cohesión económica y social en la

Unión Europea corrigiendo los desequilibrios entre sus regiones [32]. Con 23 publicaciones esta la Fundación Nacional de Ciencias la cual es una agencia federal independiente creada por el Congreso de Estados Unidos en 1950, para promover el progreso de la ciencia, la salud y el bienestar de la nación [33].

Las principales entidades patrocinadoras de investigaciones relacionadas con la implementación y uso de las TIC en la agricultura pertenecen a China, Europa y Estados Unidos, lo cual es muy coherente con lo presentado en las publicaciones por países. Todas las entidades promotoras son de carácter público, demostrando el interés estatal para la implementación de estas tecnologías en el sector agrícola, para mejorar su productividad. Con lo cual, se puede afirmar la necesidad de la voluntad política que deben tener los países para el desarrollo investigativo y tecnológico en esta área.

Análisis de Autores

En la Tabla 6 aparecen los 10 autores con mayor número de publicaciones sobre el uso de las TIC en la agricultura. En la Figura 4 se presenta la red citaciones bibliográficas entre autores.

Tabla 6. Número de publicaciones por autor

Autores	País	Artículo
Zhang Y	China	22
Wang Y	China	19
LI Y	China	16
LI X	China	15
CHEN Y	China	13
LI D	China	13
WANG X	China	13
LI J	China	12
LIU Y	China	12

Fuente: SCOPUS

Figura 4. Red de citación bibliográficas entre autores



Fuente: SCOPUS procesado en VOSviewer

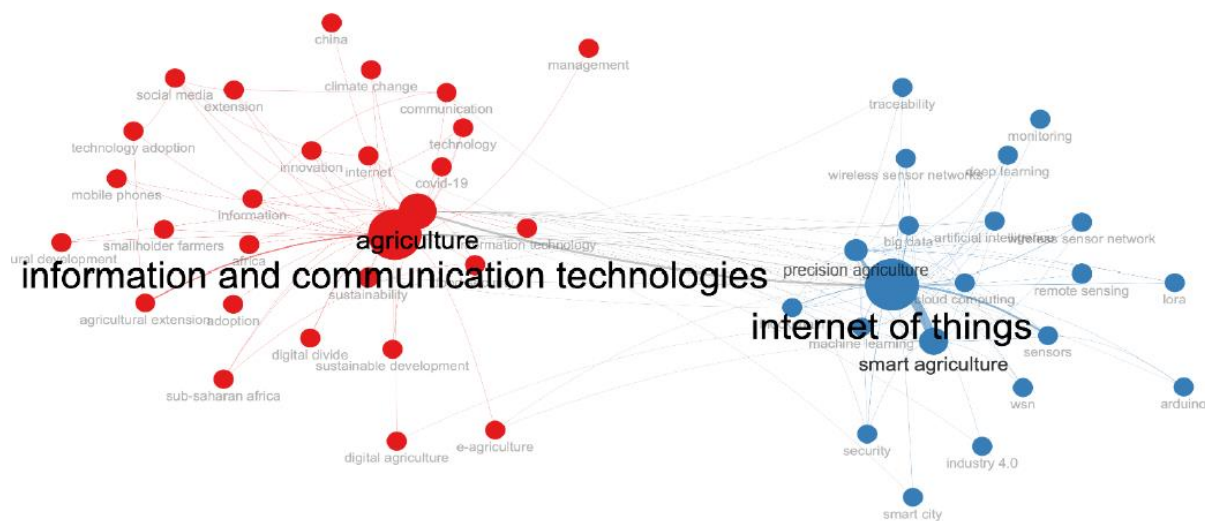
Al observar la Tabla 5 y la Figura 4, se evidencia el dominio que tiene los investigadores de origen chino en el tema. En el cual los 10 autores con mayor número de publicaciones todos son de China; adicionalmente, al observar la red de citaciones, entre ellos se tiene una red muy fuerte de citación y colaboración, afianzando aún más que China es el líder en el desarrollo de investigaciones del uso e implementación de TIC en la agricultura.

Análisis de las Temático

Para le análisis temático se usan las palabras claves usadas por los autores en sus publicaciones. En la Figura 5, se presenta las palabras clave más usadas por los autores.

En la Figura 6, está la red de coocurrencia de las palabras claves, la cual muestra cómo se relacionan entre ellas, y las cuales se agruparon en función de estas relaciones.

Figura 6. Grupos de Palabras Clave



Fuente: SCOPUS procesado Bibliometrix

Bibliometrix agrupo las palabras clave en 2 grupos. Un grupo, el cual se puede observar en color rojo, tiene como principal palabra “*information and comunicaction tecnologies*” ósea TIC; el segundo grupo está de color azul y tiene como palabra principal “*internet of things*”. La agrupación de las palabras clave se pueden observar en la Tabla 7, en el cual también está acompañado con el índice llamado “*Betweenness*”; este índice muestra los nodos que en este caso son las palabras clave que más se relacionan con las otras, a través de contar la cantidad de caminos que le cruzan dentro de la red [44].

Tabla 7. Grupos de Palabras Clave

Cluster 1		Cluster 2	
Node	Betweenness	Node	Betweenness
<i>information and communication technologies</i>	411,36721	<i>internet of things</i>	276,78895
<i>agriculture</i>	264,58072	<i>smart agriculture</i>	34,00408
<i>food security</i>	5,00227	<i>precision agriculture</i>	28,50697
<i>agricultural extension</i>	0,36731	<i>blockchain</i>	8,11958
<i>communication</i>	1,00798	<i>machine learning</i>	6,58408
<i>information</i>	0,00000	<i>sensors</i>	0,90668
<i>technology adoption</i>	0,32609	<i>big data</i>	8,12349
<i>climate change</i>	0,00000	<i>wireless sensor network</i>	0,92709
<i>adoption</i>	0,00000	<i>cloud computing</i>	0,46764
<i>digital agriculture</i>	0,56949	<i>sustainability</i>	1,41104
<i>mobile phones</i>	0,12815	<i>artificial intelligence</i>	1,23655
<i>technology</i>	0,87209	<i>wireless sensor networks</i>	1,93440
<i>digital divide</i>	0,72509	<i>remote sensing</i>	0,00626
<i>information technology</i>	0,12151	<i>wsn</i>	0,01198
<i>china</i>	0,00000	<i>security</i>	0,02978
<i>innovation</i>	0,00000	<i>deep learning</i>	0,00000
<i>internet</i>	3,67336	<i>lora</i>	0,06305
<i>sub-saharan africa</i>	0,04848	<i>traceability</i>	0,00000
<i>sustainable development</i>	0,22948	<i>arduino</i>	0,00000
<i>africa</i>	0,06951	<i>smart city</i>	0,03892
<i>rural development</i>	0,00000	<i>monitoring</i>	0,34728
<i>extension</i>	0,42279	<i>industry 4.0</i>	0,00957
<i>smallholder farmers</i>	0,00000		
<i>e-agriculture</i>	0,00000		
<i>management</i>	0,66599		
<i>social media</i>	0,30508		
<i>covid-19</i>	0,00000		

Fuente: SCOPUS procesado Bibliometrix

El primer grupo de las principales palabras clave tiene las palabras TIC, agricultura, seguridad alimentaria, comunicación, Internet. En este grupo se evidencia que las publicaciones muestran resultados de investigación para solucionar problemas de sostenibilidad en el sector agrícola, para así buscar ayudar a cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, mediante tecnologías TIC como Internet y telefonía móvil. Por ejemplo, un estudio en Ghana busco determinar el impacto de Internet en la seguridad alimentaria de los hogares del país [45]; otra publicación presento un marco conceptual para garantizar la seguridad alimentaria mediante una distribución eficaz y eficiente de los alimentos utilizando TIC [46]; Otro estudio, investigo la adopción y uso de Internet móvil en el desarrollo agrícola sostenible en Pakistán [47]; En Europa un estudio analizo la implementación de sistemas de toma de decisiones para manejo de riesgos y gestión de nutrientes entre productores de hortalizas [48]; entre otro más estudios.

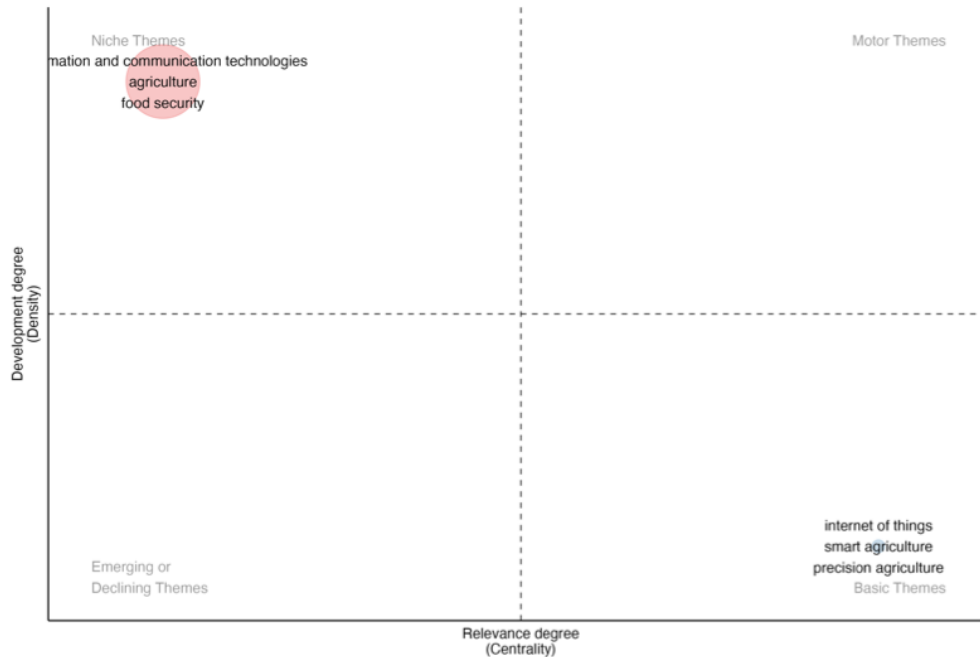
En el segundo grupo la palabra calve principal es IoT, luego están a nivel de importancia agricultura inteligente y agricultura de precisión, y también aparecen con gran relevancia las tecnologías de *blockchain*, *machine learning* y *big data*. Este grupo se refiere como la implementación de las nuevas tecnologías como *IoT*, *blockchain*, *machine learning* y *big data* pueden contribuir con la implementación de agricultura inteligente. Por ejemplo, una investigación en Brunéi muestra cómo se implementó una plataforma de IoT habilitada en la nube para monitoreo en tiempo real en la automatización de tareas en una plantación de tomate [49]. Una investigación genero un marco de monitoreo de seguridad de granjas inteligentes para monitorear el estado de los dispositivos IoT, usando *blockchain* [50]. En India, una investigación preocupada por la disminución de cultivos en el país plantea como solución para aumentar la productividad la implementación de granjas inteligentes usando IoT [51]. Otro estudio presenta como se puede implementar invernaderos automatizados usando IoT [52]. Un estudio em China plantea un modelo integral usando IoT con la agricultura para almacenamiento y distribución de alimentos [53].

A partir del análisis de grupos se observa que se dividen en dos principales tipos de investigaciones, uno preocupado por generar un desarrollo sostenible a través del uso de las tecnologías TIC como Internet y telefonía móvil, y el segundo grupo se refiere a investigaciones que buscan desarrollar e implementar la agricultura inteligente usando las nuevas tecnologías emergentes como *blockchain*, *machine learning*, *big data* y *sobre todo IoT*.



Estos dos grupos de investigaciones se analizarán en la Figura 7 a partir de un diagrama temático, en cual los ejes muestran el grado de desarrollo y de relevancia.

Figura 7. Mapa temático



Fuente: SCOPUS procesado Bibliometrix

En la Figura 7, se observa que las investigaciones relacionadas con el uso de las TIC para generar una agricultura sostenible han tenido un mucho mayor desarrollo que el otro grupo y su relevancia científica actual es menor; en cambio, las investigaciones relacionadas con agricultura inteligente y el uso de IoT, tiene un bajo desarrollo, pero ha tomado gran relevancia científica.

V. CONCLUSIONES

Se presento un crecimiento en el interés científico desde el año 2018, en implementar tecnologías TIC al sector agrícola; para el año 2020 logro el nivel más alto, el cual se ha mantenido constante. Los lideres mundiales en investigación científica sobre el uso de las TIC en la agricultura son China, India, Estados Unidos por su gran cantidad de publicaciones que generar; aunque, es de destacar que el Reino Unido y Países Bajos son los principales refrentes mundiales, lo que se evidencia por la alta citación por artículo que tienen.

Hay dos grupos de interés principales en la investigación científica del uso de las TIC en la agricultura. El primero es implementar agricultura sostenible con la ayuda de las TIC. El segundo grupo es usar las TIC en especial IoT para implementar agricultura inteligente.

La tecnología TIC de mayor interés en la comunidad científica actualmente es Internet de las Cosas (IoT) y la que tiene mayor potencial de desarrollo, debido a que el uso de esta tecnología permite la implantación de una agricultura inteligente, que promueva la productividad del sector y por consiguiente también las utilidades que puede obtener el usufructuador.

Referencias

- [1] W. Zhang and B. Huang, “Soil erosion evaluation in a rapidly urbanizing city (Shenzhen, China) and implementation of spatial land-use optimization,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 22, no. 6, pp. 4475–4490, 2015.
- [2] H. O. Alvarado-Quiroa and F. Araya-Rodríguez, “Cambios de uso del suelo y crecimiento urbano. Estudio de caso en los municipios conurbados de la Mancomunidad Metrópoli de Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala,” *Tecnol. en Marcha*, vol. 27, no. 1, pp. 104–113, Feb. 2014.
- [3] B. Badiani *et al.*, “Lake Garda lemon houses (Italy): Opportunities of a sensitive, marginal area in urban planning,” *Chang. Adapt. Socio-Ecological Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 111–118, Dec. 2017.
- [4] J. Á. A. Hernández-Flores, B. Martínez-Corona, J. A. Méndez-Espinoza, R. Pérez-Avilés, J. Ramírez-Juárez, and H. Navarro-Garza, “Rurales y periurbanos: Una aproximación al proceso de conformación de la periferia poblana,” *Papeles de población*, vol. 15, no. 61, pp. 275–295, Sep. 2009.
- [5] C. Mazzocchi, G. Sali, and S. Corsi, “Land use conversion in metropolitan areas and the permanence of agriculture: Sensitivity Index of Agricultural Land (SIAL), a tool for territorial analysis,” *Land use policy*, vol. 35, pp. 155–162, 2013.
- [6] F. D. A. Rodrigues and F. Mosso, “ICT, Data and Rural Youth: challenges of the current context,” *RECoDAF - Rev. Eletrônica Competências Digit. para Agric. Fam.*, vol. 4, no. 2, pp. 15–25, 2018.
- [7] S. Paquette and G. Domon, “Changing ruralities, changing landscapes: Exploring social recomposition using a multi-scale approach,” *J. Rural Stud.*, vol. 19, no. 4, pp. 425–444, 2003.
- [8] D. C. Téllez, “La incidencia de la política agraria en el Gobierno Santos en el desarrollo del sector papero del departamento de Boyacá,” Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario,

2017.

- [9] S. Deep and A. Saklani, "Urban sprawl modeling using cellular automata," *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci.*, vol. 17, no. 2, pp. 179–187, 2014.
- [10] L. G. Firbank, S. S. Petit Sandrine, A. Blain, and R. J. Fuller, "Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: a British perspective.," *Trans. R. Soc. B*, vol. 363, no. 1492, pp. 777–787, 2008.
- [11] L. A. Muñoz-Rios, J. Vargas-Villegas, and A. Suarez, "Local perceptions about rural abandonment drivers in the Colombian coffee region: Insights from the city of Manizales," *Land use policy*, vol. 91, no. November 2019, p. 104361, 2020.
- [12] M. Sofer, "Pluriactivity in the Moshav: Family farming in Israel," *J. Rural Stud.*, vol. 17, no. 3, pp. 363–375, 2001.
- [13] I. G. A. C. IGAC, "Solo el 16 por ciento de los suelos de Colombia está blindado contra la 'depredación ambiental' del hombre | Noticias," 2015. [Online]. Available: <https://noticias.igac.gov.co/es/contenido/solo-el-16-por-ciento-de-los-suelos-de-colombia-esta-blindado-contra-la-depredacion>. [Accessed: 05-Oct-2018].
- [14] J. M. Sánchez-Céspedes, J. P. Rodríguez-Miranda, and O. L. Ramos-Sandoval, "ARTIFICIAL INTELLIGENCE, AN ALTERNATIVE FOR GENERATING AGRICULTURAL PUBLIC POLICIES IN COLOMBIA – A REVIEW," *Int. J. Mech. Prod. Eng. Res. Dev.*, vol. 10, no. 3, pp. 15677–15692, 2020.
- [15] J. M. Sánchez, O. J. Salcedo, and E. Rivas, *Indicadores TIC : principales indicadores y modelos de medición de políticas públicas en el sector de las tecnologías de la información y comunicaciones - TIC*, 1st ed., vol. 6, no. 11. Bogotá (Colombia): Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2019.
- [16] W. Czart, H. Gierszal, K. Pawlina, and M. Urbańska, "ICT for resource management and telematics in construction sites," *Procedia Eng.*, vol. 208, pp. 27–34, 2017.
- [17] A. Gandomi and M. Haider, "Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 35, no. 2, pp. 137–144, 2015.
- [18] Z. Huanan, X. Suping, and W. Jiannan, "Security and application of wireless sensor network," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 183, pp. 486–492, 2021.
- [19] J. M. Sánchez, J. P. Rodríguez, and O. L. Ramos, "Decision Support Systems (DSS) Applied to the Formulation of Agricultural Public Policies," *Tecnura*, vol. 24, no. 66, pp. 95–108, 2020.
- [20] J. Manyika *et al.*, *Un futuro que funciona: automatización, empleo y productividad*. McKinsey Global Institute, 2017.
- [21] M. Agarwal, S. Ajemian, G. Tim, B. Microstrategy, R. Campbell, and S. Coggeshall,

- “Demystifying Big Data: A Practical Guide To Transforming The Business of Government Listing of Leadership and Commissioners,” pp. 1–40, 2013.
- [22] K. K. Pandey and D. Shukla, “Challenges of big data to big data mining with their processing framework,” *Proc. - 2018 8th Int. Conf. Commun. Syst. Netw. Technol. CSNT 2018*, pp. 89–94, 2018.
- [23] J. V Stafford, *Precision agriculture '13*. Catalonia (Spain): Wageningen Academic Publishers, 2013.
- [24] Food and Agriculture Organization (FAO), Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), United Nations Children’s Fund (UNICEF), Programa Mundial de Alimentos (PMA), and Organización Mundial de la Salud (OMS), *El Estado De La Seguridad Alimentaria Y Nutricional En El Mundo*. Roma: FAO, 2018.
- [25] S. H. Moon, Y. H. Kim, Y. H. Lee, and B. R. Moon, “Application of machine learning to an early warning system for very short-term heavy rainfall,” *J. Hydrol.*, vol. 568, no. November 2018, pp. 1042–1054, 2019.
- [26] A. Prüss-Ustün, J. Wolf, C. Corvalán, R Bos, and M. Neira, *Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the environmental burden of disease*, vol. 259. 2016.
- [27] W. Van Leeuwen *et al.*, “Benchmarking enhancements to a decision support system for global crop production assessments,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 7, pp. 8054–8065, 2011.
- [28] A. H. Aghmashhadi, G. T. Cirella, S. Zahedi, and A. Kazemi, “Water resource policy support system of the Caspian Basin,” *AIMS Environ. Sci.*, vol. 6, no. 4, pp. 242–261, 2019.
- [29] NSFC, “About Us - NSFC at a Glance,” *National Natural Science Foundation of China*, 2020. [Online]. Available: http://www.nsf.gov.cn/english/site_1/about/6.html. [Accessed: 12-May-2020].
- [30] Comisión Europea, “Qué hace la Comisión Europea en materia de estrategia y políticas | Comisión Europea,” *Comisión Europea*, 2020. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/info/about-european-commission/what-european-commission-does/strategy-and-policy_es. [Accessed: 12-May-2020].
- [31] “Horizon 2020 - European Commission.” [Online]. Available: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020_en#what-was-horizon-2020. [Accessed: 13-Feb-2024].
- [32] Comisión Europea, “European Regional Development Fund - Regional Policy - European Commission,” *WWW*, 2019. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/erdf/. [Accessed: 04-May-2021].
- [33] National Science Foundation, “US NSF - About Funding,” *National Science Foundation*, 2020. [Online]. Available: <https://www.nsf.gov/funding/aboutfunding.jsp>. [Accessed: 16-Apr-

2020].

- [34] M. Ayaz, M. Ammad-Uddin, Z. Sharif, A. Mansour, and E.-H. M. Aggoune, "Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 129551 – 129583, 2019.
- [35] A. Raza *et al.*, "Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review," *Plants*, vol. 8, no. 2, 2019.
- [36] J. Zhang and D. Tao, "Empowering Things with Intelligence: A Survey of the Progress, Challenges, and Opportunities in Artificial Intelligence of Things," *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, no. 10, pp. 7789 – 7817, 2021.
- [37] R. R. Shamshiri *et al.*, "Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture," *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 1 – 22, 2018.
- [38] G. S. Malhi, M. Kaur, and P. Kaushik, "Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review," *Sustain.*, vol. 13, no. 3, pp. 1 – 21, 2021.
- [39] K. G. Liakos, P. Busato, D. Moshou, S. Pearson, and D. Bochtis, "Machine learning in agriculture: A review," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 8, 2018.
- [40] L. Klerkx, E. Jakku, and P. Labarthe, "A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda," *NJAS - Wageningen J. Life Sci.*, vol. 90–91, 2019.
- [41] H. Shakhathreh *et al.*, "Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Survey on Civil Applications and Key Research Challenges," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 48572–48634, 2019.
- [42] M. A. Skylar-Scott, J. Mueller, C. W. Visser, and J. A. Lewis, "Voxelated soft matter via multimaterial multinozzle 3D printing," *Nature*, vol. 575, no. 7782, pp. 330–335, 2019.
- [43] M. Weiss, F. Jacob, and G. Duveiller, "Remote sensing for agricultural applications: A meta-review," *Remote Sens. Environ.*, vol. 236, 2020.
- [44] J. C. Alonso and J. A. Carabalí, "Breve tutorial para visualizar y calcular métricas de Redes (grafos) en R (para Economistas)," vol. 7, no. April, 2019.
- [45] M. Ankrah Twumasi, Y. Jiang, D. Asante, B. Addai, S. Akuamoah-Boateng, and P. Fosu, "Internet use and farm households food and nutrition security nexus: The case of rural Ghana," *Technol. Soc.*, vol. 65, 2021.
- [46] R. Gupta, "Food security and safety using advanced information and communication technologies (ICTs)," 2016, vol. 04-05-Marc.
- [47] N. Khan, R. L. Ray, H. S. Kassem, and S. Zhang, "Mobile Internet Technology Adoption for Sustainable Agriculture: Evidence from Wheat Farmers," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 10.

2022.

- [48] M. Gallardo, A. Elia, and R. B. Thompson, “Decision support systems and models for aiding irrigation and nutrient management of vegetable crops,” *Agric. Water Manag.*, vol. 240, p. 106209, 2020.
- [49] N. N. Thilakarathne, M. S. A. Bakar, P. E. Abas, and H. Yassin, “Towards making the fields talks: A real-time cloud enabled IoT crop management platform for smart agriculture,” *Front. Plant Sci.*, vol. 13, 2023.
- [50] R. Chaganti, V. Varadarajan, V. S. Gorantla, T. R. Gadekallu, and V. Ravi, “Blockchain-Based Cloud-Enabled Security Monitoring Using Internet of Things in Smart Agriculture,” *Future Internet*, vol. 14, no. 9. 2022.
- [51] H. Kaur, A. K. Shukla, and H. Singh, “Review of IoT Technologies used in Agriculture,” in *2022 2nd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)*, 2022, pp. 1007–1011.
- [52] E. Collado, E. Valdéz, A. García González, and Y. Sáez, “Design and implementation of a low-cost IoT-based agroclimatic monitoring system for greenhouses,” *AIMS Electron. Electr. Eng.*, vol. 5, pp. 251–283, Nov. 2021.
- [53] G. Si-Wen, M. A. Ikabl, and P. Kumar, “Smart agriculture and food storage system for asia continent: A step towards food security,” *Int. J. Agric. Environ. Inf. Syst.*, vol. 12, no. 1, pp. 68–79, 2021.

Publicación Facultad de Ingeniería y Red de Investigaciones de Tecnología Avanzada – RITA

REVISTA

TIA