

# CIENCIA REPRODUCTIBLE Y POST-COVID19 SU IMPACTO EN LA ACREDITACIÓN DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

PALMA, Ricardo R.; MASERA, Gustavo A.

*Instituto de Ingeniería Industrial Universidad Nacional de Cuyo.  
ricardo.rpalma @ gustavo.masera @ [gmail.com]*

## RESUMEN

Luego de la pandemia ha surgido en Latinoamérica el ejercicio de una buena práctica en el campo de la transferencia de investigación desde la academia denominada “Ciencia Reproducible” (CR en adelante). La misma tiene por objeto acercar la investigación con la empresa y el sector público, entendiendo a este trinomio como la base del modelo triple hélice (también conocido como modelo de Sábato).

A lo largo de este trabajo se presentan los resultados de un estudio transversal realizado en Colombia, Ecuador, Perú, Chile, Bolivia, Paraguay y Norte de Brasil sobre la implementación de oficinas de aseguramiento de la calidad educativa para los procesos de acreditación de carreras de ingeniería industrial.

Por último se examina las consecuencias de CR en el impacto en la reputación del investigador y el traslado del mismo a la institución (universidad) a la que pertenece (doble impacto).

Se detallan también el uso de herramientas y plantillas para tesis, artículos, revistas y congresos que garanticen el doble impacto con índice h y con altmetrics. Finalmente se muestran casos testigos y buenas prácticas que ya han tenido mejoras significativas en su vinculación con empresas y sector público local (alcaldías) en nuestra región.

**Palabras Claves:** Ciencia reproducible, Post-Covid.

## ABSTRACT

After the pandemic, the exercise of a good practice in the field of research transfer from the academy called "Reproducible Science" (CR hereinafter) has emerged in Latin America. Its purpose is to bring research closer to the company and the public sector, understanding this trinomial as the basis of the triple helix model (also known as the Sábato model).

Throughout this work, the results of a cross-sectional study carried out in Colombia, Ecuador, Peru, Chile, Bolivia, Paraguay and Northern Brazil on the implementation of educational quality assurance offices for the accreditation processes of education industrial engineering careers is presented..

Finally, the consequences of CR on the impact on the reputation of the researcher and the transfer of the same to the institution (university) to which he belongs (double impact) is examined.

The use of tools and templates for dissertations, articles, journals and conferences that guarantee double impact with h-index and altmetrics are also detailed. Finally, witness cases and good practices are shown that have already had significant improvements in their relationship with companies and the local public sector (municipalities) in our region.

**Keywords:** A manifesto for reproducible science, Post-Covid.

## 1. INTRODUCCIÓN

No es novedad alguna que la pandemia ha afectado enormemente a todas las cadenas de suministros a nivel global y a todos los sistemas productivos, sean estos de tipo “world class” o regionales (locales y PyME). La necesidad de sistemas regionales menos expuestos a las contingencias y más resilientes a los cambios e interrupciones ha llevado a tomar decisiones en países como Alemania y EEUU. Ellos han acordado sus cadenas de suministros y relocalizado plantas que habían migrado a China, para tenerlas nuevamente en sus territorios y así garantizar. Así se asegura por ejemplo, gobernanza y resiliencia en el suministro de antibióticos y otros insumos críticos para cada país. Esto hace que el sector empresarial requiera más insistentemente capacidades de comunicación por parte de los egresados de ingeniería industrial pero esencialmente capacidad para diseñar experimentos y simulaciones que permitan afianzar el proceso de toma de decisiones.

Así mismo se han registrado cambios en los patrones de movilidad, nuevos modelos de diseño del trabajo y teletrabajo, nuevos requerimientos de ciberseguridad, así como un cambio sustancial de la forma en la que los ingenieros industriales se están valiéndose de la analítica de datos industriales y las infraestructuras de las cosas industriales (IIOT), aun cuando en nuestro continente sean muy preliminares son atractivas para aumentar la empleabilidad de los futuros ingenieros.

Por otro lado, se ha observado a nivel mundial en paralelo con la reconfiguración de las cadenas de suministros nuevas prácticas en el registro de la investigación y la comunicación de los resultados. Ello ha provocado la ralentización del proceso de globalización (menos requerimiento de movilidad física y más actividades y conferencias de tipo híbridas o virtuales).

Este nuevo escenario y las respuestas que se han dado al mismo requiere de los ingenieros industriales desarrollen nuevas habilidades y competencias que los sistemas de acreditación de carreras deberán implementar, pero por una cuestión de tiempo no aparecen en sus estándares. En busca a mecanismos que permitan conservar una unidad global a las necesidades de concepción del diseño de las carreras se han venido realizando una serie de encuentros entre responsables del diseño de carreras de ingeniería industrial (u otras denominaciones “afines” a nivel global) en las que, teniendo en cuenta la necesidad de los requerimientos de las industrias de todo el planeta, se han realizado encuentros y publicaciones.

Dos de las fuentes que más aceptación han tenido en Latinoamérica y se utilizan en este trabajo han sido los textos que se señalan más abajo, uno de ellos ya clásico.



Figura 1 Fuentes bibliográficas utilizadas en este artículo

*Managing Supply Chain Risk and Disruptions: Post COVID-19* (Aravind Raj Sakthivel, Jayakrishna Kandasamy, et al ISBN-13 978-3030725747)

*Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2018)* (Andrey A. Radionov Oleg A. Kravchenko · Victor I. Guzev Yuriy V. Rozhdestvenskiy Editors) ISBN 978-3-319-95629-9

A partir de la mítica Conferencia Internacional del 2018 del ICIE en Viena se ha desarrollado un nutrido

diálogo para tratar de definir lo que debería ser la Ingeniería Industrial en el mundo, con sus diferentes “sabores y colores” regionales y sobre todo que matices debería adoptar para garantizar el desarrollo de cada país conforme a sus singularidades, particularidades según sus recursos naturales, industriales y humanos. Las conferencias han ido rotando de continente en continente.

Durante el 2021 se realizó en Bucaramanga<sup>1</sup> (Colombia) y allí surgió dos de las que hoy identificamos como un factor o características clave de la competitividad de los egresados de estas carreras.

Esta primera característica tiene una fuerte relación con las debilidades que han presentado los sistemas nacionales de acreditación y aseguramiento de la calidad universitaria.

1. **Imposibilidad de establecer ranking** dentro del país. Este punto es particularmente identificable en la Argentina, donde CONEAU establece como única medida las categorías A y B, que corresponden a carreras que obtienen acreditación por 6 años (sin observaciones de los pares) o por 3 años (con recomendaciones de los pares a resolver dentro del plazo de 3 años). Claro está que también existe la instancia de no-acreditación. Este es el único elemento de juicio que un gobierno, empresa o estudiante tiene para entender sobre la idoneidad de una carrera para enfrentar determinados tipos de problemas (que limitaremos a la faceta “industrial”).

En tanto que la segunda refiere a:

2. **Características endogénica de los estándares.** Esta situación, observada en todos los países sujetos de estudio de este trabajo, es reflejada por la declaración formal de los organismos de evaluación que les piden a las universidades y carreras que ellas mismas definan “qué quieren ser”. En algunos lugares como Colombia y Ecuador esto llega (como consecuencia de la gran diversidad y diferencia de los sistemas productivos industriales, en incluso miradas de pueblos originarios, etc.). Es así que establecer estándares que bien pueden ser por regiones geográficas interiores o incluso por facultades dentro de una misma universidad con alcance nacional (varias facultades regionales). Es claro que esto resulta de “sentido común” cuando toca medir la calidad educativa de universidades de pueblos autóctonos, en los que factores como el respeto y protección del ambiente es de especial interés por cuestiones filosóficas, etnológicas y cosmológicas que priorizan ante factores como la rentabilidad.

Esto no pretende ser una crítica a esta decisión, sobre la que cada estado tiene todas las prerrogativas para establecer sus estándares. En el caso de nuestro país CONEAU delega esta misión de establecer los estándares en CONFEDI y están señalados en su “*Libro Rojo*” (@soporteconfediorg, CONFEDI, 2018). Al referirnos al carácter endogénico la conferencia de Bucaramanga señala que este método pone un “freno” a la posibilidad de movilidad laboral de los egresados dentro de un entorno productivo, que por más que haya realizado un acortamiento de las cadenas productivas tiene un neto carácter global.

Como respuesta a esta situación se ha visto la necesidad de trabajar en forma internacional sobre estándares que tengan dimensiones y métricas que permitan rankear a las carreras de ingeniería industrial y que por otro lado tengan independencia y mayor celeridad en la implementación de los estándares conforme a los tiempos que la innovación constante impone a los sistemas industriales. A modo de ejemplo señalemos que a CONEAU le tomó 20 años establecer un estándar para las carreras de Mecatrónica.

<sup>1</sup>Bucaramanga es un municipio colombiano, capital del departamento de Santander. Declarada según el Banco Mundial en su estudio de “ciudades competitivas para estudios y crecimientos” como la ciudad más próspera de América Latina y ejemplo para el mundo. Está ubicada al nororiente del país sobre la Cordillera Oriental, rama de la cordillera de los Andes, a orillas del río de Oro. Bucaramanga es la región de Latinoamérica que más rápidamente recuperó el funcionamiento de sus cadenas de suministros al finalizar la pandemia. Fue durante 2018 la sede del cuarto congreso internacional de ingeniería industrial y gran parte de este trabajo está fundado en las recomendaciones de ese congreso y su proceeding.

## 2. LAS ACREDITADORAS INTERNACIONALES PRIVADAS

Como consecuencia de estos hechos descriptos y a efectos de tener elementos de medida para financiar la movilidad (física y virtual) de alumnos con fondos internacionales, algunos bloques económicos como la Unión Europea, están dando lugar a la creación de entidades y estándares de acreditación internacional y en general son privadas. Pero están vinculadas o supervisadas por instancias como la UNESCO, la propia Agencia Europea, la JICA, etc. En general esta es por ahora una preocupación más vinculada a los oferentes de fondos que a las universidades y que es bien visto por la mayoría de las empresas de manufactura de clase mundial. Son las empresas (desde multinacionales hasta micro pymes las que consultadas aportan los requerimientos para los estándares).

En nuestra región Brasil y Chile son los países que han tomado la delantera en este tema e incluso tienen agencias de acreditación que ya están avaluando a universidades de Argentina. (o al menos están dialogando con algunas de las más importantes con carreras de ingeniería industrial). Citamos a la única con la que hemos mantenido diálogos, que por una cuestión de idioma ha resultado inicialmente más viable) Nos referimos a la Agencia de Acreditación y Calidad de Chile (ver <https://www.acreditadordechile.cl/>). Todas las acreditadoras que se han podido registrar además de acreditar otorgan asesoramiento para mejorar la posición en los rankings internacionales. A nivel internacional es claro que las métricas de carreras de ingeniería industrial utilizada por la mayor cantidad de carreras el ranking de China (*ShanghaiRanking's Academic Ranking of World Universities*, s. f.). Esto es comprensible por que la cantidad de habitantes de ese país implica una proporción de ingenieros industriales que supera por mucho a la del resto de los bloques económicos. En tanto que en Latinoamérica y Caribe el ranking QS (*QS World University Rankings*, s. f.) parece ser el que más consenso tiene en el acuerdo previo que establecen la acreditadora internacional y la universidad.

Sea que las carreras opten por acreditar en los sistemas nacionales, o lo hagan con las propuestas internacionales, y que se haya acordado los mecanismos para hacerlo hay un factor común a todos los estándares. Nos guste o no esta métrica está relacionada con las publicaciones. Se estima que entre un 20% al 30% del total de puntos que se ponen en juego al momento de acreditar están vinculados con las publicaciones. Esta métrica no suele ser relevante para las empresas, hasta que les toca repetir experimentos que aparecen en las publicaciones científicas que marcan una diferencia en la innovación de productos o procesos y les otorgan competitividad.

En el resto del trabajo inspeccionaremos cómo una muestra de carreras de ingeniería industrial de Argentina, Brasil (Nordeste), Colombia, Chile, Ecuador y Perú están trabajando sobre estrategias para que un enorme potencial de materiales que constituyen la producción oral y escrita pasen a ser mensurables e identificables para colaborar con el proceso de impactar con la reputación del docente investigador en el progreso del ranking de la universidad. Del mismo modo veremos como las carreras y las universidades pueden desarrollar estrategias para que sus bibliotecas y los congresos en los que participan o promueven aumenten la posibilidad de impulsar la posición en las métricas de publicaciones de los rankings internacionales.

## 3. SOBRE LOS ÍNDICE H Y LAS ALTMETRICS.

Uno de los aspectos en los que las carreras parecen tener discrepancia a la hora de ser evaluados respecto de sus publicaciones es el uso del índice *h*. Esta métrica ha sido diseñada para evaluar la calidad de una publicación y tiene sobre todo en cuenta la cantidad de citas que un artículo científico tiene. Fue creada inicialmente para evaluar la calidad (ex-post) de un artículo ya publicado, pero en la actualidad se ha extendido su uso para evaluar a los autores (Hirsch & Vuela-Casal, 2014).

El índice *h* es un sistema de medición de la calidad profesional de los científicos basado en la relevancia de su producción científica, al tener en cuenta el conjunto de los trabajos más citados de un investigador y el número de citas de cada uno de estos trabajos. Es conocido también como índice de productividad bibliométrica. Según el mismo, un investigador tiene un índice *h* de *X* cuando *X* de sus artículos han recibido al menos *X* citas cada uno. Por ejemplo un índice  $h=6$  significa que un autor tiene 6 artículos que al menos han recibido 6 citas cada uno (Engqvist & Frommen, 2008). El índice *h* de un investigador depende de la fuente consultada: Web of Science (WoS), Scopus o Google Scholar Citations. Deben tenerse en cuenta sólo artículos y reseñas publicadas en revistas ya que en estos recursos, el índice

se calcula para todo tipo de documentos.

En la Argentina la biblioteca del MINCYT no tiene alta vinculación con WoS, en cambio sí tiene fuerte vinculación con SCOPUS. Es claro entonces que en los procesos de evaluación recurren casi siempre a Google académico para indagar sobre los temas de investigación y la productividad de los docentes investigadores.



Fig. 2 Ejemplo del índice h de un autor

Existen sin embargo otras mediciones utilizadas al momento de evaluar una carrera que no se limitan solamente a la cantidad de citas del trabajo de investigación. Estas son las denominadas *altmetrics*.

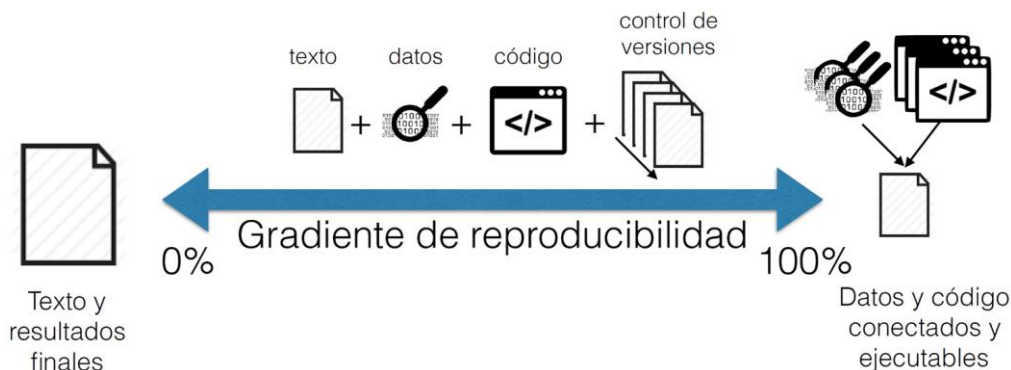
Altmetrics se utiliza para designar a las nuevas métricas que se proponen como alternativas al factor de impacto, usado para las revistas científicas, y a los índices de citas de persona, como el índice h. Este término se propuso en 2010, como una generalización de las métricas usadas a nivel de artículo, y tiene sus raíces en la etiqueta de Twitter **#altmetrics**. (Torres et al., 2013) Aunque a menudo las altmetrics se consideran como métricas sobre artículos, pueden utilizarse para personas, revistas, libros, conjuntos de datos, presentaciones, videos, repositorios de código fuente, páginas web, etc. Las altmetrics no solo cubren el número de citas, ya que también pueden usarse para otros aspectos del impacto de un trabajo, como cuántos datos o bases de conocimiento se refieren a él, visualizaciones del artículo, descargas, impacto social o menciones en medios sociales o en prensa. (González-Fernández-Villavicencio et al., 2015). Esta forma de producción de materiales junto a la posibilidad de replicar la experimentación es lo que se ha establecido como paradigma de ciencia reproducible. (Rodríguez-Sánchez et al., 2016)

Según este autor ciencia reproducible trata sobre la posibilidad de “reproducir el experimento” que se utiliza en una publicación científica. Pero a partir del post-covid este concepto se ha ampliado a “ciencia reproducible” como un vector de crecimiento que trasciende el laboratorio de la academia y llega a la empresa, aún en caso de que ella sea PyME. La idea es que el uso de altmetrics tiende a que los egresados desarrollen esta capacidad de lectura de lo que acontece en el ámbito científico y estén dotados para utilizar materiales y métodos de las publicaciones, pero no aplicados al sujeto de estudio del artículo científico y en cambio aborden nuevos problemas de las empresas.

La reproductividad científica (CR) no es una característica categórica (tipo pasa / no pasa) sino que tiene un gradiente y niveles o matices que la diferencian de la simple publicación de un paper.

No tiene el mismo gradiente de reproductividad un artículo simple escrito en procesador de texto comparado con un trabajo en el que se suministra un link al dataset con el que se llega a las

conclusiones u otro paper en el que además de lo anterior tenemos el código fuente del método que aplicamos a los datos y finalmente esto es absolutamente diferente a un trabajo que tiene todo lo anterior y además está en un paquete autoactualizable que no es desarrollado en procesador de texto y en su lugar se ha desarrollado con un contenedor tipo markdown que nos permite control de versiones. En general estos trabajos en lugar tiene una plantilla que aloja todos los materiales tienen un notebook al estilo Jupyter o R-Studio.



El mecanismo con el que WoS y Google construyen el índice h de autores es bastante simple. El autor no tiene que cargar nada en estos sitios. Por el contrario los sitios tienen *bots* y *spiders* que recorren los sitios de revistas indexadas con evaluación de pares, sitios de las bibliotecas universitarias o meta-archivos de marcadores de los navegadores de investigadores y alumnos. En ellos buscan documentos PDF o links que tengan meta-información que los describan como artículos de investigación académica. Por lo general los documentos de word guardados como pdf omiten los metadatos que los bots requieren para otorgar reputación h al autor y ranking a la universidad.

Es por ello que un factor clave de éxito en el traspaso de la reputación del investigador a la carrera es el uso de herramientas adecuadas para la producción de textos científicos y materiales de clase.

#### 4. EXPERIMENTACIÓN.

El Di3 (Doctorado Interinstitucional en Ingeniería Industrial), es un modelo de doctorado en red propuesto por CONEAU e integrado por cinco universidades argentinas. Universidad Nacional de Misiones, Universidad Nacional de Jujuy, Universidad Nacional de Salta, Universidad Nacional de Tucumán, Universidad Nacional de La Rioja y Universidad Nacional de Cuyo. Ninguna de estas universidades tenía masa crítica como para sostener un doctorado en Ingeniería Industrial. Estas provincias tienen sistemas productivos locales que se ve obligados a ser altamente competitivos para disputar el escaso financiamiento al que las industrias pueden recurrir. Esta disputa compete fuertemente con actividades agrícolas como el cultivo de soja, que tienen un ciclo de recuperación del capital anual más corto que el de industrias como el litio, tabaco, azúcar, vino, aceite de olivas, yerba mate, etc. Este modelo de doctorado se ha exportado a otros países de Latinoamérica y es el ámbito en el que se ha realizado la experimentación.

En este contexto se ha trabajado con los doctorandos e investigadores vinculados a los laboratorios del doctorado para trabajar después del covid exclusivamente con plantillas de markdown para las publicaciones en congresos, artículos y finalmente con las tesis.

Luego de esto se ha procedido a medir el impacto en los rankings de las universidades de la red y el crecimiento de la reputación del doctorando.

##### 4.1 Pregunta de Investigación.

La pregunta central es si el instrumento o software con el que se realiza la producción del texto científico

influye en la calidad de los metadatos del archivo PDF y si esto influye en el impacto de la reputación para el autor y sirve como impulsor del puesto en el ranking de la universidad.

En otras palabras, ¿será posible que las plantillas que utilizan los congresos o el software que utilicen los autores influyen en la visibilidad que tienen para los bots y spiders?

Se ha realizado una investigación con la producción de los alumnos del Di3 (Doctorado Interinstitucional en Ingeniería Industrial, s. f.) y los de las réplicas de otros países y se ha recurrido a analizar las plantillas que los congresos, revistas y bibliotecas siguieren utilizar y el impacto que han tenido en h y altmetrics.

## 4.2 Hallazgos

Una de las cosas más significativas que es bastante lógico intuir, es que el mayor impacto se consigue al publicar en revistas open access. Sobre 36 doctorandos que participaron de la muestra 30 tuvieron rápida respuesta y resultados en las publicaciones iniciales de sus tesis en Ingeniería Industrial. Las revistas en las que el impacto fue más alto no utilizaron plantillas en formato word y en su lugar recurren a plantillas LaTeX o Markdown.

Muchos de los congresos y revistas que utilizan plantillas en formato .doc deberían utilizar verdaderas plantillas en formato .dot, que es el verdadero formato que Microsoft Word tiene para manejar plantillas. A pesar de ello los metadatos del documento “cámara ready” o pdf no suele reflejar claramente la filiación (universidad a la que pertenece) el autor.

### 4.2.1 Anomalías

En el análisis de significancia se pudo ver que los doctorandos que utilizan como herramientas para producción de textos tales como LaTeX o Rmarkdown han tenido un factor de impacto para la carrera mucho mayor que el promedio. La prueba T de student marca con 97% de confianza que el uso de estas herramientas hace que los bots y spiders identifique más rápido los artículos y consecuentemente puedan ser más visibles para mejorar las citas y el índice h o colaborar en el incremento del SCORE de Altmetrics.

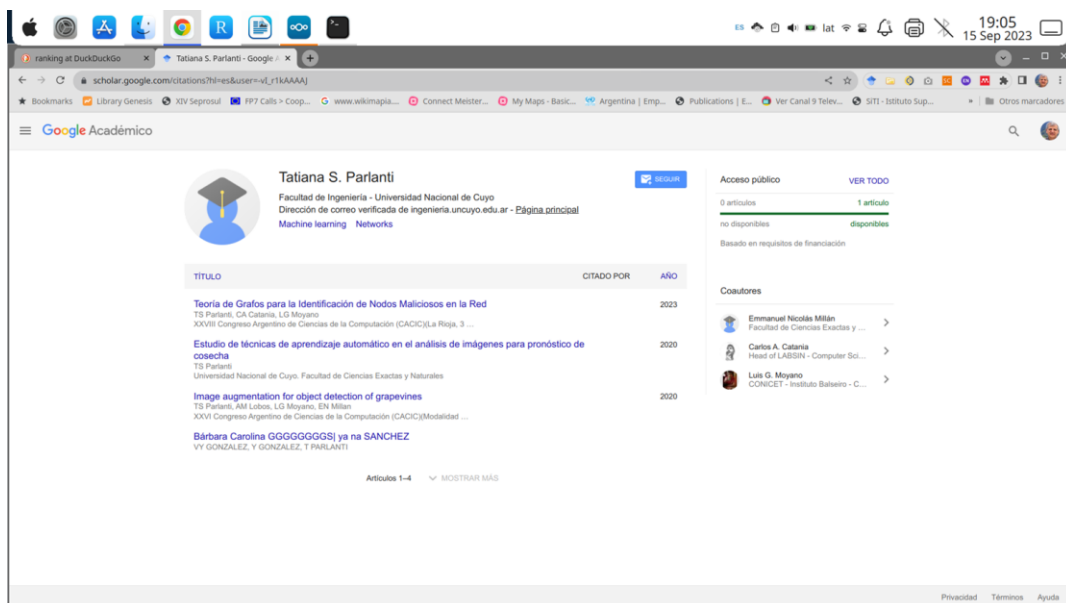


Fig. 3 – Impacto del uso de LaTeX en una doctoranda novel.

En el ejemplo se puede observar que la doctorando accedió a una beca de estímulo de las vocaciones científicas del CIN cuando era alumnos de grado. Uno de los documentos que elaboró fue el programa de estudio de una cátedra Introducción al Álgebra Lineal (Dra. Bárbara Carolina es la titular de cátedra). Este documento lo escribió en LaTeX y los bots lo han identificado como posible material científico. Esto

demuestra que aún el humilde apunte de cátedra de un docente escrito con las herramientas adecuadas puede contribuir a aumentar su reputación como investigador.

### 4.3 Resultados de investigación de campo en Latinoamérica

A efectos de exponer los resultados se ha utilizado el software bibliometrix para analizar con qué herramienta se han producido la mayoría de las publicaciones en inglés, portugués y español en el campo epistémico de la ingeniería industrial. Se han hecho un relevamiento temporal pre y post pandemia. Y se han obtenido los siguientes resultados.

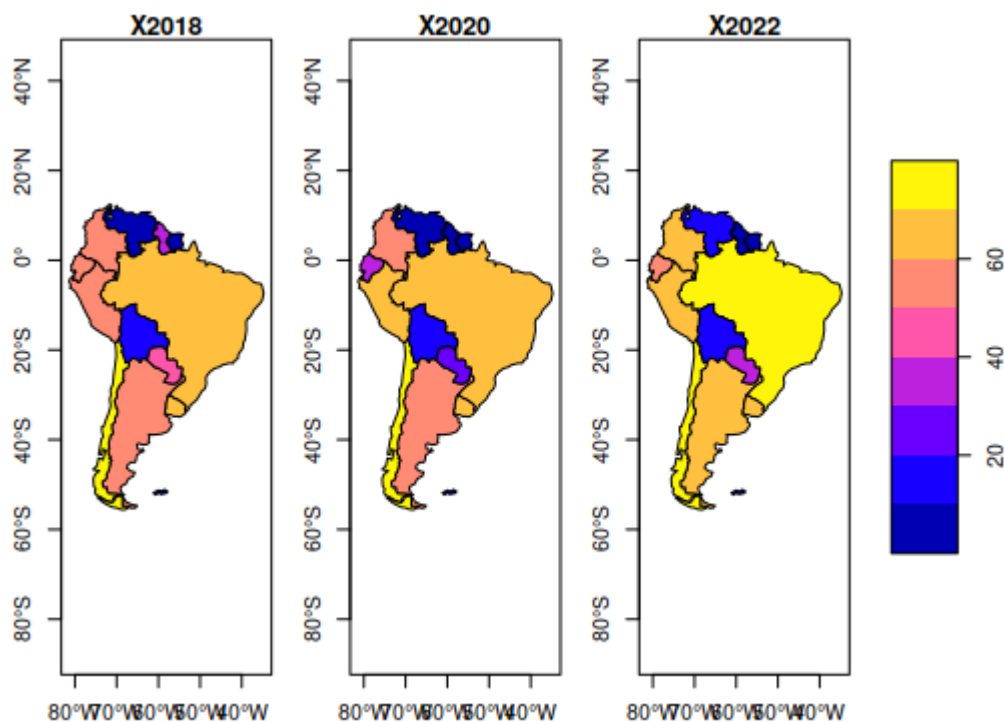


Fig. 4 Evolución del SCORE Altmetrics del Di3 desde 2018 al 2021

## 5 CONSIDERACIONES FINALES

Como puede apreciarse en los mapas de la figura 4 Chile es el país de la región que sostenidamente ha tenido mayor índice h y score o reputación académica de sus publicaciones de ingeniería industrial. Esto obedece en gran medida al uso de WoS como estrategia de comunicación de resultados de investigación. Las universidades chilenas pagan a cada investigador entre 800 a 1000 dólares por cada artículo publicado en congresos y revistas indexados por WoS y escritore en LaTeX.

Se observa, en especial en el año 2021 que países como Argentina, Perú, Uruguay y Colombia ha comenzado a utilizar LaTeX como herramienta de comunicación y esto ha provocado un incremento de 20 a 60 en el score altmetric desde antes de la pandemia hasta la fecha. Por último los países en azul, que casi no utilizan LaTeX han mantenido un promedio relativamente bajo en la reputación y las publicaciones.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrey A. Radionov Oleg A. Kravchenko · Victor I. Guzeev Yuriy V. Rozhdestvenskiy Editors  
 Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2018) ISBN 978-3-319-95629-9
- Aravind Raj Sakthivel, Jayakrishna Kandasamy, et al Managing Supply Chain Risk and Disruptions: Post COVID-19 (ISBN-13 978-3030725747)



- CONFEDI, Libro Rojo (2018). Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina. *Aprobado por la Asamblea del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina, Rosario, 1.*
- Doctorado Interinstitucional en Ingeniería Industrial. (s. f.). *Di3* [Academico (SIU Guarani)]. Doctorado en Ingeniería Industrial. Recuperado 15 de septiembre de 2023, de [https://di3.fi.unju.edu.ar/ver\\_documentación\\_presentada\\_a\\_CONEAU\\_anexo\\_estándares\\_de\\_segunda\\_generación](https://di3.fi.unju.edu.ar/ver_documentación_presentada_a_CONEAU_anexo_estándares_de_segunda_generación).
- Engqvist, L., & Frommen, J. G. (2008). The h-index and self-citations. *Trends in ecology & evolution, 23*(5), 250-252.
- González-Fernández-Villavicencio, N., Domínguez-Aroca, M.-I., Calderón-Rehecho, A., & García-Hernández, P. (2015). ¿Qué papel juegan los bibliotecarios en las altmetrics? *Anales de documentación, 18*(2).
- Hirsch, J. E., & Buela-Casal, G. (2014). The meaning of the h-index. *International Journal of Clinical and Health Psychology, 14*(2), 161-164.
- QS World University Rankings: Top global universities. (s. f.). Top Universities. Recuperado 22 de octubre de 2023, de <https://www.topuniversities.com/qs-world-university-rankings>
- Rodríguez-Sánchez, F., Pérez-Luque, A. J., Bartomeus, I., & Varela, S. (2016). Ciencia reproducible: Qué, por qué, cómo. *Ecosistemas, 25*(2), 83-92.
- ShanghaiRanking's Academic Ranking of World Universities. (s. f.). Recuperado 22 de octubre de 2023, de <https://www.shanghairanking.com/rankings/arwu/2021>
- Torres, D., Cabezas, Á., & Jiménez, E. (2013). Altmetrics: Nuevos indicadores para la comunicación científica en la Web 2.0. *Revista Científica de Comunicación y Educación, 21*(41), 53-60.