

## Indicadores de calidad en investigaciones científicas: Antecedentes

<sup>a</sup>Jared David Tadeo Guerrero Sosa, <sup>b</sup>Víctor Hugo Menéndez Domínguez, <sup>c</sup>María Enriqueta Castellanos Bolaños

<sup>a,b,c</sup> Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán, México

<sup>a</sup>jaredgs93@gmail.com, <sup>b</sup>mdoming@gmail.com, <sup>c</sup>enriqueta.c@correo.uady.mx

### Abstract

The creation of scientific communities, as well as using and spreading of digital repositories have allowed access to scientific research to be free for anyone. This paper analyzes the quality indicators of publications in a digital repository, which are focused in the publications that are produced for the members of any scientific community, considering the quality, even in their metadata. The metadata and scientific communities problem can be found in the irregularities respect to quality standards used for metadata. Although quality should not be only considered in regard to resources and metadata, but also researchers. In Mexico exists various quality indicators in regard to researchers, which are established by the federal government through institutios as the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), or initiatives as the Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP).

### Resumen

La creación de las comunidades científicas, así como el uso y difusión de los repositorios digitales han permitido que el acceso a las investigaciones científicas sea libre para cualquier persona. El presente artículo analiza los indicadores de producción científica con base en las publicaciones alojadas en un repositorio digital, enfocadas a las que son producidas por los miembros de cualquier comunidad científica considerando incluso sus metadatos. El problema con los metadatos y las comunidades científicas se encuentra en las irregularidades respecto a los estándares de calidad utilizados para el llenado de los metadatos. Aunque la calidad no únicamente debe considerarse respecto a los artículos y metadatos, sino igualmente a los investigadores. En México existen diversos indicadores de calidad respecto a los investigadores, establecidas por el Gobierno Federal por medio de instituciones como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), o iniciativas, como el Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP).

---

*Keywords and phrases* : Metadatos, Comunidad científica, Investigaciones científicas, Calidad.

2010 *Mathematics Subject Classification* 97U99, 97Q99, 97P99.

---

## 1. Introducción

La investigación científica se ha vuelto más accesible gracias a los repositorios digitales, los cuales se encargan de almacenar, preservar y ser una herramienta de difusión de contenido. Los repositorios se pueden

---

Fecha de recepción: Diciembre 14, 2017 / Fecha de aceptación: Abril 15, 2018

clasificar de la siguiente manera de acuerdo a su objetivo, según [38]: como de Recursos Digitales Abiertos (RDA), como de referencias a RDA, como iniciativas de *OpenCourseware* y como sistemas de gestión de aprendizaje. [29] menciona que los repositorios son una entidad de naturaleza digital o no digital, y puede ser utilizado, reutilizado o referenciado a lo largo del aprendizaje apoyado por la tecnología. Existe la necesidad de describir y localizar los objetos de un repositorio, por lo que se hace uso de los metadatos. [46] describe que estos son datos descriptivos sobre los datos, es decir, proporcionan la información mínima necesaria para identificar un recurso. [2] presenta que entre otras cualidades de los metadatos se encuentran: el incremento al acceso a los RDA, disminución de tráfico en la red, expansión de la utilización de la información, control de versiones, aspectos legales y precisión en los procesos de búsqueda y recuperación.

La problemática que se ha encontrado en común con los aspectos mencionados anteriormente es la siguiente: un investigador genera productos (investigaciones científicas), los cuales son descritos por medio de los metadatos, elementos que permiten al repositorio la localización de cada recurso. Si los metadatos no se encuentran llenados de forma adecuada, es decir, no cumplen con la calidad necesaria, pueden surgir dos anomalías: el repositorio no contará con la capacidad de intercambiar y compartir datos con otros repositorios que contienen al recurso que se desea localizar, es decir, no contará con la interoperabilidad, o la referencia al producto en cuestión se hará erróneamente. Estos dos aspectos dan lugar a estas consecuencias: no se puede calcular de forma adecuada por medio de indicadores cuantitativos estadísticos el nivel de producción científica de un investigador, una revista o una comunidad científica. Si estos indicadores no son correctos, es posible que un investigador no pueda pertenecer a una instancia que lo distinga como investigador de calidad, ya que en base a estos indicadores se evalúa al investigador en cuestión. Algunas instancias mexicanas son el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y del Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP), los cuales cuentan con criterios cualitativos propios para la calidad en los investigadores.

El objetivo del artículo es presentar una revisión sistemática de los indicadores de producción científica, enfocándose en los metadatos que describen a los RDA y cómo su uso inadecuado afecta a los repositorios digitales, la interoperabilidad y la evaluación del investigador por parte de alguna instancia. Este artículo inicia con la sección Esquema y calidad de metadatos, donde se describe la importancia de los metadatos en los repositorios digitales, mencionando algunos esquemas que se pueden utilizar y qué aspectos considerar para que los metadatos sean de calidad. La sección Comunidades científicas y metadatos: problemas, analiza los tipos de publicaciones científicas que existen y cómo el mal llenado de los metadatos puede afectar a la localización de publicaciones científicas. Posteriormente, la sección Calidad en las investigaciones científicas describe los indicadores cuantitativos y objetivos existentes para conocer los niveles de producción científica. La sección ¿Cómo se mide la calidad del científico en México? describe los criterios cualitativos que establecen el SNI y el PRODEP para los investigadores, siendo importantes para toda persona que desea conocer cómo pertenecer a estas instancias. Finalmente, se realiza una crítica/valoración de la información analizada.

## 2. Esquemas y calidad de metadatos

[32] define un metadato como un dato con una estructura que está por encima de la información, es decir, son los datos que describen a los datos (a analizar). [49] menciona que el uso de los metadatos debe considerarse primordial para el acceso de nuevos conocimientos, ya que éstos van creciendo de forma exponencial año tras año, por lo que no utilizar metadatos causaría una búsqueda ineficiente de información, y por consecuencia, falta de aprovechamiento del conocimiento que se encuentra al alcance de cualquier persona. [43] propone un ejemplo simple para comprender los metadatos, el cual menciona que cuando una persona elige un libro entre todos los que se encuentran en una librería, ya está haciendo uso de los metadatos. ¿Cómo es posible? Porque uno o varios datos acerca del libro lucieron atractivos (título, portada, autor, etc.) mas no la información que éste descubre al leer. Los datos que logró percibir la persona son los metadatos y éstos pueden hacer referencia a: contenido, aspectos formales (tipo, tamaño, fecha, lengua, entre otros), información de uso y distribución (*copyright*), información de la autenticación del documento/recurso y la información sobre el contexto, el cual abarca la calidad, condiciones de uso y acceso, entre otros. Para el uso y asignación de valores a los metadatos se debe seguir un esquema. Cada uno de ellos va de acuerdo al tipo de contenido. Algunos de los más populares que están siendo desarrollados como estándares se presentan a continuación.

- DDI. [23] lo define como un estándar internacional para la descripción de datos producidos por estudios y métodos de observación en el ámbito social, psicológico y ciencias de la salud
- IEEE LOM. Es definido por [3] como una herramienta para la descripción de RDA, los cuales son una entidad digital o no, que es utilizado para el ámbito educacional
- Dublin Core. [34] lo presenta como un estándar de propósito general, independiente de los dominios informativos. Es adaptable tanto para la Web y otros esquemas de metadatos
- ONIX. De acuerdo con [28], ONIX es un estándar internacional para la representación y difusión de libros electrónicos
- ISO/IEC 19506. Estándar para la representación de datos de software, asociaciones y entornos de operación. La interoperabilidad, junto con el intercambio de información son dos de los fines de este estándar
- RDF. [33] menciona que su uso es para la descripción de recursos en la Web para conformar la interoperabilidad, haciéndolo posible por medio de XML
- EML. De acuerdo con la [30], EML está Enfocada a la ecología. Está basada en los trabajos previos de la *Ecological Society of America*. Facilita la documentación de investigación de campo por medio de archivos XML

[52] menciona que el más utilizado es Dublin Core. [34] indica que incluso es un estándar que se ha adoptado en varios países en sus respectivos idiomas (incluyendo a nivel gubernamental), así como el trabajo en conjunto con las iniciativas de acceso a los archivos abiertos, mejor conocidos como OAI. Dublin Core cuenta con un conjunto de propiedades para describir contenido. Entre ellos podemos encontrar:

- Título
- Tema
- Descripción
- Origen
- Idioma
- Relación
- Cobertura
- Creador
- Editor
- Colaborador
- Derechos
- Fecha
- Tipo
- Formato
- Identificador

Para que la labor de los metadatos sea aprovechada al máximo y no sean sólo datos que describen sin trascendencia alguna, se requiere la calidad. Según [40] en metadatos, existen dos tipos de calidad:

- Calidad de los metadatos. Se refiere a las formas de evaluación para el aseguramiento de la calidad de los metadatos
- Calidad en los metadatos. Se refiere al aprovechamiento de los metadatos como una herramienta para la representación de información acerca de los recursos que describe, tales como su calidad

La más importante para esta sección es la calidad de los metadatos, la cual evalúa los siguientes aspectos de acuerdo con [36] y [40]

- Datos completos
- Integridad
- Exactitud
- Consistencia
- Oportunidades (respecto al aprovechamiento en tiempo)

La calidad de los metadatos es un terreno que no ha sido explotado, pero las investigaciones respecto al tema continúan al día de hoy. [41] menciona que para lograr la calidad de los metadatos es vital evaluar la etapa de creación de los metadatos (asignar valores a los metadatos) la cual, según [4], al tener resultados negativos, sufre consecuencias, como la recuperación y precisión deficientes, resultados fuera de contexto, incluso hasta ambigüedades. Existen metadatos con valores que no corresponden al objeto a describir, causando un incumplimiento en los aspectos correspondientes a los datos completos, integridad, exactitud y consistencia de los metadatos. La calidad de los metadatos es un aspecto descuidado a pesar de que se han creado estándares como Dublin Core. [6] presenta la clasificación de los factores que influyen en la calidad de los metadatos y se presentan a continuación:

- Motivación de los productores. Se refiere a la utilidad que tienen los metadatos para los que los producen
- Precisión. Descripción completa y de acuerdo a lo establecido por los diseñadores de los sistemas que utilizan al máximo los metadatos
- Consistencia. De acuerdo con [36] y [40] se cuestiona si los metadatos llenados por diferentes personas serán interpretados de la misma forma por los sistemas que harán uso de ellos

Por otra parte, [48] menciona que la creación de los metadatos, al ser lenta y la amplia flexibilidad de los estándares de metadatos dan lugar a las inconsistencias en el llenado de metadatos; y además, hace un estudio sobre los RDA que se encuentran en el repositorio MERLOT, teniendo como resultados los siguientes aspectos:

- Únicamente el 4.7% de los RDA analizados ha pasado por un proceso de revisión de calidad para su posterior publicación. La cantidad de información de los metadatos es baja. El 60% de los RDA analizados se describe únicamente con datos básicos
- Incoherencias en contenido
- Los metadatos, al ser la mayoría no estructurados, requieren una comprensión humana, lo cual impide a los sistemas que explotan a los metadatos realizar su trabajo eficientemente

[8] menciona que además de asegurar la calidad de los metadatos, la importancia de elegir adecuadamente un esquema radica en lograr la interoperabilidad, es decir, que varios sistemas sean capaces de intercambiar contenido entre ellos. De hecho existen estándares de implementación para repositorios que facilitan esta tarea, cada uno a su manera. Algunos ejemplos son:

- OAI- PMH (Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting). Funciona como un mecanismo de baja barrera para la interoperabilidad. Utiliza proveedores de datos (repositorios que exponen metadatos de acuerdo a la estructura de OAI-PMH) y proveedores de servicios (realizan solicitudes de servicio OAI-PMH para recolectar esos metadatos). [31] menciona que OAI- PMH hace uso de seis verbos o servicios que se invocan dentro de HTTP :
  - GetRecord. Recupera un registro de metadatos de forma individual de un repositorio
  - Identify. Recupera la información de un repositorio. Los repositorios pueden utilizar este verbo para devolver información descriptiva adicional
  - ListIdentifiers. Forma abreviada del verbo ListRecords. Recupera únicamente los encabezados, en vez de los registros
  - ListMetadataFormats. Recupera los formatos de metadatos disponibles de un repositorio
  - ListRecords. Se utiliza para cosechar registros de un repositorio
  - ListSets. Recupera la estructura establecida de un repositorio
- OAI-ORE (Open Archives Initiative Object Reuse and Exchange). De acuerdo con [39] define estándares para describir e intercambiar objetos digitales compuestos, los cuales mezclan recursos distribuidos una amplia variedad de tipos de medios como texto, imágenes, datos y video. Estos estándares exponen el contenido de los objetos digitales compuestos a las aplicaciones que realizan procesos de creación, depósito, intercambio, visualización, reutilización y preservación de dichos objetos.
- SWORD (Simple Web- service Offering Repository Deposit). De acuerdo al sitio de [51], es un protocolo para el depósito de cualquier tipo de contenido de una plataforma a otra.

En resumen, es necesario comprender la función de los metadatos, conocer qué es lo que van a describir, y de acuerdo a ello, elegir el esquema de metadatos adecuado para permitir la interoperabilidad entre repositorios. Independientemente del esquema elegido, los metadatos siempre deben ser completos, íntegros, exactos y consistentes para que se puedan considerar de alta calidad.

### 3. Comunidades científicas y metadatos: problemas

[27] menciona que algo que caracteriza a la ciencia contemporánea (a partir de mediados del siglo XX) es la constante colaboración entre científicos de conocimientos homogéneos y heterogéneos, siendo una ventaja para complementar conceptos y concebir otros. A este grupo de personas se le conoce como comunidad científica, y no necesariamente tienen que conocerse frente a frente. Medios como el teléfono e Internet ayudan a la interacción entre ellos, facilitando el trabajo colaborativo. Incluso no hay investigador que su forma de trabajo más conveniente sea la individual, siendo de vital importancia las alianzas con otros especialistas para lograr metas, debido a que, en muchas situaciones, el trabajo colaborativo es el único camino para lograrlo. Los investigadores generan diversos tipos de artículos científicos. De acuerdo con [42] destacan:

- Artículos originales
- Reporte de caso
- Nota técnica
- Ensayo pictórico
- Reseña científica
- Comentario
- Carta al editor

- Editorial
- Material no científico
- Otros

Estos tipos de artículos científicos se pueden encontrar en uno o varios repositorios digitales, los cuales son propiedad de instituciones donde el investigador se encuentra adscrito. En México existe el Repositorio Nacional, el cual, de acuerdo con el [20] se define como una plataforma digital encargada de proporcionar acceso abierto (es decir, sin requerimientos de suscripción, registro o pago) en texto completo a una amplia variedad de recursos de información de tipo académica, científica y tecnológica. Entre los materiales que se pueden consultar se encuentran artículos de revistas científicas, tesis elaboradas en instituciones de educación superior, protocolos de investigación, memorias de congresos y patentes, al igual que otros documentos producidos en la República Mexicana con el soporte de fondos públicos. El Repositorio Nacional, al día 30 de noviembre de 2017 se encontraba compuesto por 33 repositorios institucionales, 10,797 recursos de información y había recibido 282,355 consultas. Este repositorio es considerado una comunidad científica, la cual está compuesta por los repositorios institucionales (plataformas digitales de instituciones pertenecientes a los sectores social, privado y gubernamental, las cuales contienen información académica, científica, tecnológica y de innovación, y se vinculan al Repositorio Nacional) y sus autores.

Para localizar objetos de un repositorio es necesario hacer una búsqueda. Los repositorios permiten hacer búsquedas simples y avanzadas. Pero desafortunadamente no todos los artículos tienen los valores correctos en los campos de sus metadatos lo que ocasiona problemas de localización y como consecuencia, problemas para el cálculo de producción científica, que es el tema principal de este artículo, afectando a un autor o a una comunidad científica. [4] presenta los problemas más comunes con el llenado de los metadatos, los cuales afectan a los artículos producidos por la comunidad científica.

- La ortografía, así como el uso de abreviaturas
- El campo de autor y los relacionados a las colaboraciones
- Título
- Tema (respecto a palabras clave y clasificación)
- Fecha (respecto al formato)

Un ejemplo simple y que simula a la realidad, para entender cómo afecta esto a las comunidades científicas se presenta a continuación.

Una persona busca un artículo publicado por Daniel Sánchez Ferriz y Jared Guerrero Sosa. El título del artículo es “Clasificación de artículos científicos”. Una persona busca el artículo en un repositorio digital ingresando “Jared Guerrero Sosa Daniel Sánchez Ferriz clasificación de artículos científicos”. El repositorio arroja varios resultados. Sin embargo, no encuentra el artículo deseado de forma inmediata porque en sus metadatos, el valor del campo de autor tiene como valor “J. Guerrero”, mientras que el campo de título tiene como valor “Clasificación de art. científicos”. Ahí existen los siguientes problemas:

1. El uso de la abreviatura en el nombre del autor dificultó la localización del artículo deseado, ya que el repositorio puede arrojar todos los resultados que contengan la palabra “Guerrero” en el campo de autor. Además, otra abreviatura aparece en el título, lo cual hace ineficiente la búsqueda.
2. El nombre del autor Daniel Sánchez Ferriz no está contemplado en el campo de autor, lo cual, además de que probablemente el buscador no encuentre el artículo que busca el usuario porque ingresó el nombre de este autor y no se encuentra en los metadatos, si se hace un análisis de producción de cada investigador de la institución propietaria del repositorio digital, se reportará un nivel de producción inferior al verdadero del autor Daniel Sánchez Ferriz.

REPOSITORIO NACIONAL / SECCIÓN INFORMATIVA		Política	Noticias	Colabora	Preguntas	Contacto	English Version	
<b>10 Autores más consultados</b>				<b>10 Recursos más consultados</b>				
Autor	Visitas	Recurso	Visitas					
<a href="#">Jorge Alberto Montejano Escamilla</a>	42603	<a href="#">100 años de Dinoflagelados y cambios Paleocenoográficos en Cuenca Magdalena, Baja California Sur</a>	1473					
<a href="#">REYNA ITZEL GARCIA LOPEZ</a>	22136	<a href="#">El momento neoliberal: caracterización de la disputa política entre la CRAC-PC y el gobierno del estado de Guerrero</a>	1065					
<a href="#">Camilo Caudillo</a>	20011	<a href="#">Cooperación Energética Regional y Sistemas de Energía Sostenibles: ¿Hacia un Modelo de Transformación para América Latina y el Caribe?</a>	965					
<a href="#">Pablo López Ramírez</a>	19984	<a href="#">Applying Tropos modeling for Smart mobility applications based on the FIWARE platform</a>	910					
<a href="#">CARLOS RUBIO GONZALEZ</a>	18323	<a href="#">PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL A PARTIR DE MICROALGAS. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA</a>	889					
<a href="#">José Antonio Celorio Mansi</a>	17661							
<a href="#">José Ramón Gil-García</a>	17268							
<a href="#">LUIS GOVINDA GARCIA VALDOVINOS</a>	16451							
<a href="#">ROBERTO MARTINEZ SANCHEZ</a>	16440							
<a href="#">LILIANA MARIA ALZATE GAVIRIA</a>	15324							

Figura 1: Datos presentados por el Repositorio Nacional

[53] presenta otros problemas con los metadatos que pueden perjudicar a las investigaciones de las comunidades científicas los cuales se enfocan en los metadatos de derechos (*copyright*). Es posible que instituciones no quieran saber acerca de este tipo de metadatos ya que lo consideran complejo o es algo donde tienen que invertir. Una idea colectiva acerca de este tipo de derechos es que sólo es para cuestiones de *copyright* y no es necesario, pero no se está considerando que la importancia de proteger los derechos es para mayor responsabilidad de las obras y/o publicaciones en un repositorio digital. En esta era de las Tecnologías de la Información, preocuparse por los derechos legales debe ser primordial. Al no utilizar este tipo de metadatos, las publicaciones de las comunidades científicas son más vulnerables. Un ejemplo simple es: si un investigador utiliza información que no es propia (existe en otra publicación), no la cita y la hace pública, puede no reconocerse el valor de la investigación original y los autores no pueden proceder legalmente si no hacen uso adecuado de los metadatos de derechos.

Regresando al tema del Repositorio Nacional, según el [18], en México, éste, junto con los repositorios institucionales, los Instrumentos de Comunicación Pública de la Ciencia, los apoyos a publicaciones y revistas científicas, entre otros, se apegan a los Lineamientos Jurídicos de Ciencia Abierta, siendo el CONACYT la entidad competente para aplicar dichos lineamientos. La Ciencia Abierta es una política de Estado que tiene como objetivo incrementar la accesibilidad de las investigaciones científicas (financiadas con recursos públicos) para todos los ciudadanos a través de la diseminación máxima del conocimiento científico, la tecnología y la innovación. Los Lineamientos Jurídicos de Ciencia Abierta establecen reglas sobre la política de Ciencia Abierta, sobre los derechos de propiedad intelectual de forma general y en los repositorios, cosecha y diseminación, sobre los depósitos de obras ya divulgadas, uso de los recursos depositados, sobre las cosechas del Repositorio Nacional, autorizaciones para el depósito, entre otros.

Si los metadatos son correctos, el repositorio será capaz de hacer referencias a criterios sobre sus productos que pueden considerarse importantes. Un claro ejemplo es el que se ve en la Figura 1, el cual de acuerdo con el [20] se muestra cómo el Repositorio Nacional presenta a los 10 autores más consultados y los 10 recursos más consultados, siendo datos que benefician al propio investigador y a sus investigaciones.

En resumen, las comunidades científicas producen investigaciones a través de diversos tipos de artículos. Éstos se pueden encontrar en repositorios, los cuales hacen uso de los metadatos para localizar dichos artículos (productos). Pero el uso de abreviaturas en los datos descriptivos del producto, no mencionar a todos los autores que trabajaron en colaboración, etc., son inconsistencias en los metadatos que afectan a los niveles de producción de las comunidades científicas y al momento de realizar estadísticas sobre la producción científica

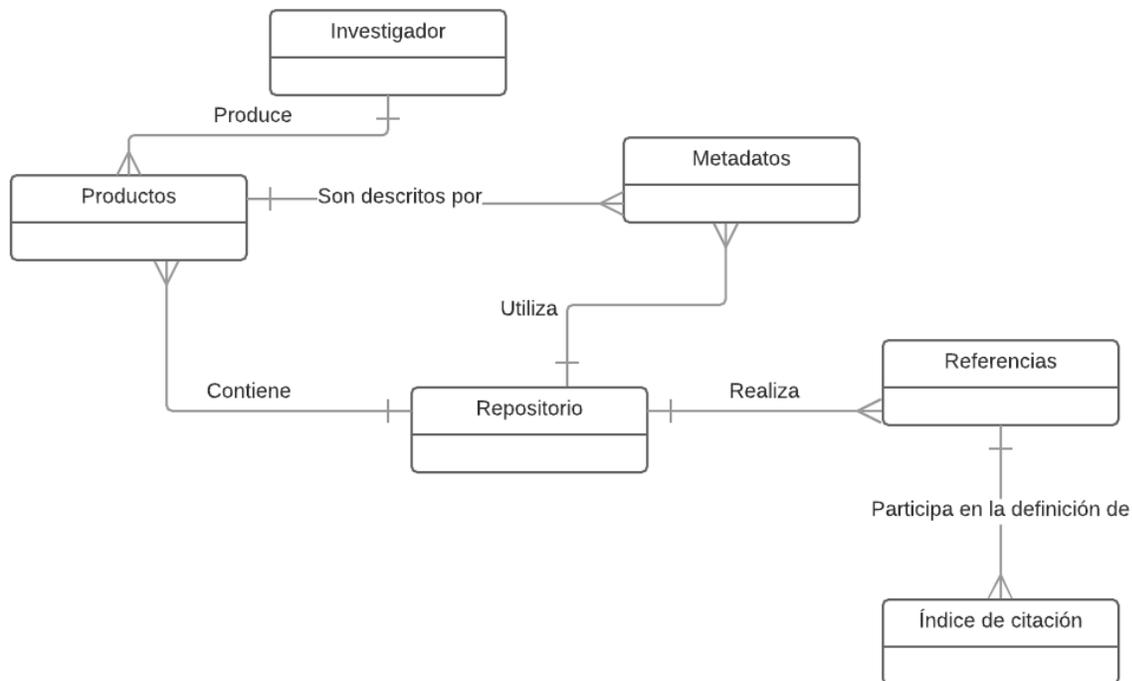


Figura 2: Relación entre el repositorio con los productos e índices de citación

por comunidad o en forma individual, los datos obtenidos no serán reales.

#### 4. Indicadores cuantitativos estadísticos para medir la producción científica

Antes de mencionar cómo definir la calidad de las investigaciones científicas por medio de indicadores cuantitativos, es necesario analizar el contenido de las secciones anteriores y su relación, la cual se refleja en la Figura 2. Un investigador se encarga de realizar investigaciones científicas, las cuales se reflejan en productos (artículos originales, reporte de caso, ensayo pictórico, etc.). Cada uno de los productos es contenido en un repositorio digital, el cual, para describir los productos hace uso de los metadatos. Si el llenado de los metadatos es incorrecto, el repositorio no contará con la interoperabilidad con otros repositorios para localizar el recurso que el usuario desea, o bien, la referencia a los recursos será incorrecta, afectando al índice de citación del investigador. Es por ello la importancia de tener valores correctos y consistentes en los metadatos para contar con la adecuada interoperabilidad entre repositorios, y así calcular la producción científica de los investigadores y comunidades científicas por medio de los indicadores cuantitativos estadísticos, los cuales se presentan a continuación.

Para que una investigación científica sea considerada de alta calidad, no únicamente se evalúa respecto a metadatos, sino que también en indicadores cuantitativos estadísticos de la producción científica. [35], [26] y [50] hablan sobre estos indicadores. Pero las más importantes son las que presenta [47] y se exponen a continuación.

1. Factor de Impacto de la Revista (*FIR*). Se presenta en la fórmula 4.1 y consiste en la proporción de citas en el año actual referentes a los artículos publicados en la revista en los últimos dos años (A) dividido entre el número de artículos publicados en los mismos dos años (B)

$$FIR = \frac{A}{B} \quad (4.1)$$

2. Citas. El reconocimiento de un trabajo en otro es satisfactorio para el autor y/o comunidad científica porque eleva el nivel de calidad siendo positivo para el esfuerzo y tiempo invertido. Pero no ser citado tiene consecuencias negativas. Se puede entender que la investigación que desea ser citada y no lo es tiene una calidad baja o no es comprensible. [47] recomienda hacer uso de las siguientes fórmulas para calcular el rendimiento del trabajo de investigación de una revista científica. Sin embargo, son aplicables para calcular el rendimiento en una comunidad científica. En las fórmulas 4.2, 4.3 y 4.4,  $N$  es el número total de publicaciones de la comunidad científica o revista,  $FIR_i$  representa el factor de impacto de la revista que contiene la  $i$ -ésima publicación, mientras que  $Cn_i$  corresponde al número total de citas de la  $i$ -ésima publicación.

En la fórmula 4.2 se presenta el cálculo de la suma de todos los  $FIR$  de todas las publicaciones ( $SFIR$ )

$$SFIR = \sum_{i=1}^N FIR_i \quad (4.2)$$

En la fórmula 4.3 se presenta el cálculo de la suma de todas las citas que se han hecho a las publicaciones de la comunidad científica o revista ( $SC$ ).

$$SC = \sum_{i=1}^N Cn_i \quad (4.3)$$

En la fórmula 4.4 se presenta el cálculo del Impacto de la Investigación ( $IdI$ )

$$IdI = \sum_{i=1}^N FIR_i(1 + Cn_i) \quad (4.4)$$

3. H index. [5] establece que es el índice más importante para investigadores y personas dedicadas a la ciencia. Aplica para la evaluación individual de un investigador, más que de una comunidad científica. Un investigador tiene como índice el valor  $h$  si  $h$  de sus  $N_p$  trabajos cuenta con, por los menos,  $h$  citas. Los trabajos  $N_p - h$  cuenta con  $h$  citas como máximo.

Dentro del mundo científico, unas revistas tienen mayor impacto que otras. Si se desea conocer si el artículo de un investigador pertenece a una revista de alto impacto, se pueden seguir los indicadores que propone [7] los cuales hacen hincapié, además del FIR, en hacer uso del Factor de Prestigio (FP) el cual pertenece a la revista la cual es propietaria del artículo en cuestión.  $FP$  no incluye las citas que vienen de los artículos de revisiones. Para calcularla, se sigue la fórmula 4.7.

$$FP = \frac{NTCR}{NAOP} \quad (4.5)$$

Es decir, divide el número total de citas que reciben en un año los artículos publicados en una revista en el año en curso y en los dos anteriores (NTCR) entre el número de artículos publicados en la misma revista en los mismos años (NAOP). Los resultados se reflejan en un rango entre 0 y 1.000. El factor de prestigio puede utilizar más de una base de datos, cada una recoge más de seis mil revistas y éstas, a su vez, están clasificadas en casi mil disciplinas. El factor de impacto y el de prestigio no son comparables, ya que cada una utiliza rangos de años diferentes. Para solucionar este problema, [7] propone el uso de los siguientes indicadores para permitir el análisis de la influencia de las revistas entre sí, en función del porcentaje de citas comunes, ya que existe el problema de la asignación del mismo valor a una cita sin depender del impacto o prestigio que tenga la revista donde se produce la cita.

- Factor de Impacto Medio de las Revistas donde se producen las Citas (*FIMRC*). Se presenta en la fórmula 4.6. Es el factor de impacto ponderado de las revistas que citan a la revista en cuestión. La fórmula consiste en la suma de la multiplicación del factor de impacto de ese año de cada revista las cuales han citado artículos de los años anteriores de la revista analizada (*FIR*) por el número de artículos que han sido citados en cada revista (*NAC*). El resultado se divide por el número total de artículos que han sido citados (*NTAC*). *i* es el número de revistas a analizar. Este factor permite conocer si las citas a una revista vienen de otras con un impacto mayor.

$$FIMRC = \frac{(FIR * NAC)_1 + (FIR * NAC)_2 + \dots + (FIR * NAC)_i}{NTAC} \quad (4.6)$$

- Factor de Impacto Ponderado (*FIP*). En la fórmula 4.7 se presenta este cálculo, el cual consiste en la suma del *FIMRC* y el *FIR* de una revista dividido entre 2, es decir, un promedio. Calcular el *FIP* permite conocer un dato concreto sobre las citas que una revista recibe y el factor de impacto que tienen las revistas que realizan la cita.

$$FIP = \frac{(FIMRC + FIR)}{2} \quad (4.7)$$

- Factor de Prestigio Medio de las Revistas donde se producen las Citas (*FPMRC*). La fórmula 4.8 presenta el cálculo de este factor. Se obtiene por medio de la suma de la multiplicación del FP de cada revista las cuales citan artículos del año actual y anteriores de la revista a analizar por el número de artículos citados en cada revista (*NAC*). Una vez obtenido el resultado, se divide entre el número total de artículos citados (*NTAC*). *i* es el número de revistas a analizar.

$$FPMRC = \frac{(FP * NAC)_1 + (FP * NAC)_2 + \dots + (FP * NAC)_i}{NTAC} \quad (4.8)$$

- Factor de Prestigio Ponderado (*FPP*). Se presenta en la fórmula 4.9. Se obtiene a través del promedio del *FP* de una revista y el *FPMRC*.

$$FPP = \frac{FPMRC + FP}{2} \quad (4.9)$$

- Porcentaje de Interacción Parcial de Citas (*PIPC*). Ayuda a permitir el impacto que tiene una revista sobre otra por medio de sus citas. Se calcula por medio del total de citas que contiene una o más revistas en un año y calculando el porcentaje en función del número de citas recibidas por esa o esas revistas en el mismo año. Para facilitar la comprensión, se presenta un ejemplo.

*Citas de la revista 1 en el año 2016: 150*

*Citas de la revista 2 en el año 2016: 1853*

*Citas de la revista 1 en la revista 2: 41*

*PIPC de revista 1 sobre revista 2: 2.21 %*

- Porcentaje de Interacción Mutua de Citas (*PIMC*). Se refiere al porcentaje de los artículos citados entre dos revistas. No hay que considerar las auto- citas. Para calcular el *PIMC* se realiza obteniendo el total de citas comunes entre dos o más revistas en un año y calculando el porcentaje en relación del número de citas que se han recibido en el mismo año por las revistas evaluadas.

Los valores de los indicadores que se mencionan pueden obtenerse por medio de los productos que se encuentren en los repositorios digitales, ya que los metadatos permiten describir datos necesarios para la aplicación de las fórmulas, tal es el caso del año, el nombre de la revista, entre otros.

En resumen, los indicadores cuantitativos estadísticos de la producción científica son datos que generan impacto en el investigador, y si para obtenerlos se analiza su producción que se encuentra reflejada en un repositorio digital, es necesario que los metadatos tengan los valores correctos, describiendo adecuadamente los productos del investigador, ya que de eso depende un repositorio para realizar referencias adecuadamente. Puede suceder que el investigador cuente con cierto nivel de producción científica, pero si los metadatos son incorrectos, al momento de realizar este estudio por medio de los indicadores, los resultados no serán favorables y no se aprovechará el contenido de los productos, reduciendo en gran medida el índice de citación del investigador.

## 5. ¿Cómo se mide la calidad del investigador en México?

Un uso de los indicadores cuantitativos estadísticos de la producción científica es la evaluación que realizan diversas instancias para reconocer la calidad de un investigador. Los indicadores para definir la calidad del investigador varían en cada país. La [1] pone a disposición enlaces a los criterios de evaluación para diversas disciplinas de los investigadores en España, siendo indicadores cuantitativos y objetivos. La [37] establece sus indicadores de calidad para sus investigadores en Estados Unidos.

De acuerdo con el [21] y el [24], en México existe el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), el cual fue creado para reconocer los diversos trabajos hechos por personas dedicadas al ámbito científico y tecnológico. Incluso existe un título llamado investigador de calidad, el cual incluye beneficios económicos, según el nivel alcanzado. Pueden ser miembros del SNI las personas que se dedican a la investigación científica y tecnológica de forma habitual. Deben presentar los trabajos completamente documentados. Entre los requisitos que destacan para pertenecer al SNI se encuentran:

- Verificar por medio de documentación oficial que la persona presta por lo menos 20 horas a la semana a la investigación tecnológica y científica
- Realizar investigación tecnológica y científica en dependencias, entidades, instituciones de educación superior o centros de investigador en el sector público, privado o social de la República Mexicana
- Desempeñar en México, sin importar la nacionalidad. Puede ser mexicano realizando actividades de ciencia y tecnología en el extranjero

El [24] presenta las tres distinciones que un miembro del SNI puede obtener. Cada uno debe cumplir con los lineamientos establecidos por el SNI y tener el grado de doctor.

- Candidato a Investigador Nacional. Debe demostrar la capacidad para realizar investigación en ámbitos científicos o tecnológicos a través de sus productos generados en investigación o desarrollo tecnológico
- Investigador Nacional. Se divide en tres niveles:
  1. Nivel I. Debe contar con material original de calidad de investigación científica o tecnológica, así como contar con participación en la dirección de tesis de licenciatura o posgrado, o haber impartido asignaturas, así como haber participado en otras actividades docentes. Es importante que apoye a la divulgación de la investigación
  2. Nivel II. Además de lo necesario para pertenecer al nivel I, se requiere que demuestre su participación en colaboración con otros investigadores por medio de material de investigación original y de calidad para demostrar desarrollo en alguna línea de investigación, así como su participación en la dirección de tesis de posgrado y formación de recursos humanos de alta calidad
  3. Nivel III. Además de lo necesario para pertenecer al nivel II, es necesario que el investigador tenga en su historial de investigaciones alguna que cause impacto en la actualidad, realizar actividades de liderazgo nacional en lo que respecta a ciencia o tecnología y tener reconocimientos nacionales e internacionales por su labor

- Investigador Nacional Emérito. Para pertenecer a esta distinción es necesario que, al cierre de la convocatoria, el candidato tenga 65 años. Debe contar con por lo menos 15 años y tres evaluaciones ininterrumpidas obteniendo la distinción Investigador Nacional Nivel III

Cada investigador pertenece a un área de conocimiento.

- Área I: Físico- Matemáticas y Ciencias de la Tierra (FMCT). El [10]. establece que abarca a todos aquellos que estudian Astronomía, Ciencias de materiales, Física, Matemáticas, Ciencias de la tierra y Ciencias del mar, en sus vertientes básica y aplicada
- Área II: Biología, Química y Ciencias de la vida (BQC) Establecido por el [11]
- Área III: Medicina y Ciencias de la Salud (MCS). El [12] menciona que abarca a todos aquellos que estudian Ciencias de la salud, Farmacia, Medicina y Odontología
- Área IV: Humanidades y Ciencias de la Conducta (HCC). De acuerdo con el [12], incluye las siguientes disciplinas: Antropología, Antropología física, Arqueología, Artes y Letras, Bibliotecología, Diseño, Filosofía, Historia, Historia del Arte, Lingüística, Matemáticas educativas y enseñanza de las ciencias, Pedagogía y Psicología [13]
- Área V: Ciencias Sociales (CS). El [14] menciona que abarca a todos aquellos que estudian Administración, Ciencia Política y Administración Pública, Comunicación, Contabilidad, Demografía, Derecho y Jurisprudencia, Economía, Geografía Humana, Sociología y Prospectiva
- Área VI: Biotecnología y Ciencias Agropecuarias (BCA). Según el [15], comprende a los investigadores cuyos trabajos se ubican en Acuicultura, Agronomía, Alimentos, Biotecnología, Veterinaria y Zootecnia en sus vertientes básica y aplicada
- Área VII: Ingenierías. El [16] hace mención que esta área abarca a todos aquellos que estudian la Ingeniería en sus diferentes subdisciplinas entre otras: Aeronáutica, Ambiental, Civil, de Comunicaciones, Electrónica y Control, Eléctrica, Computación, Industrial de Materiales, Marina y Portuaria, Mecánica, Minera, Nuclear, Petrolera, Química y Textil

El [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16] establece los criterios específicos de evaluación para ser investigador en todas de las distinciones del SNI en cada una de las áreas de conocimiento. En la Tabla 1 se presenta una comparación entre el contenido de cada uno de los criterios por área de conocimiento.

Se puede observar que no se especifican todos los lineamientos en cada una de las áreas, lo cual representa un problema para las personas que aspiran a ser miembros del SNI, incluso a los que ya pertenecen, porque no conocen exactamente qué se requiere de forma cuantitativa para lograr una distinción del SNI.

El [19] pone a disposición un enlace en el sitio oficial del Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica y Tecnológica, el cual direcciona a las estadísticas de datos públicos, entre ellos el número de investigadores SNI desde 1991 hasta 2014. El [9] También presenta información estadística sobre el SNI desde 1991 hasta 2011 . El [22] presenta el número de investigadores pertenecientes al SNI entre 2015 y 2017:

- 2015: 23,316 investigadores
- 2016: 25,072 investigadores
- 2017: 27,185 investigadores

A partir de esos datos se puede observar el incremento en la investigación en todos los estados de la República Mexicana. Un ejemplo es el presentado en la Figura 3, donde se puede observar el incremento de investigadores en cada una de las áreas de conocimiento del SNI desde 2000 al 2017 (Según [45] se considera a partir del año 2000 porque en 1999 se establecieron las 7 áreas existentes hasta la actualidad). Se puede observar que hasta este último año el área con mayor investigadores es Ciencias Sociales (Área V), mientras que la de menor número de investigadores es la que pertenece a Biotecnología (Área VI).

Especificaciones	Área I	Área II	Área III	Área IV	Área V	Área VI	Área VII
Objetivo general	No	No	No	Sí	Sí	No	No
Marco general de la evaluación	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Productos de investigación	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Impacto	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Criterios, características y calidad de los productos	No	No	Sí	Sí	No	Sí	No
Participación en actividades	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Liderazgo	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Divulgación de la Ciencia	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No
Infraestructura	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí
Requisitos de ingreso y reingreso, al SNI por nivel	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Criterios cualitativos	No	No	No	No	No	No	Sí
Actividades de plusvalía	No	No	No	No	No	No	Sí

Tabla 1: Comparación de los criterios de evaluación de cada área del SNI

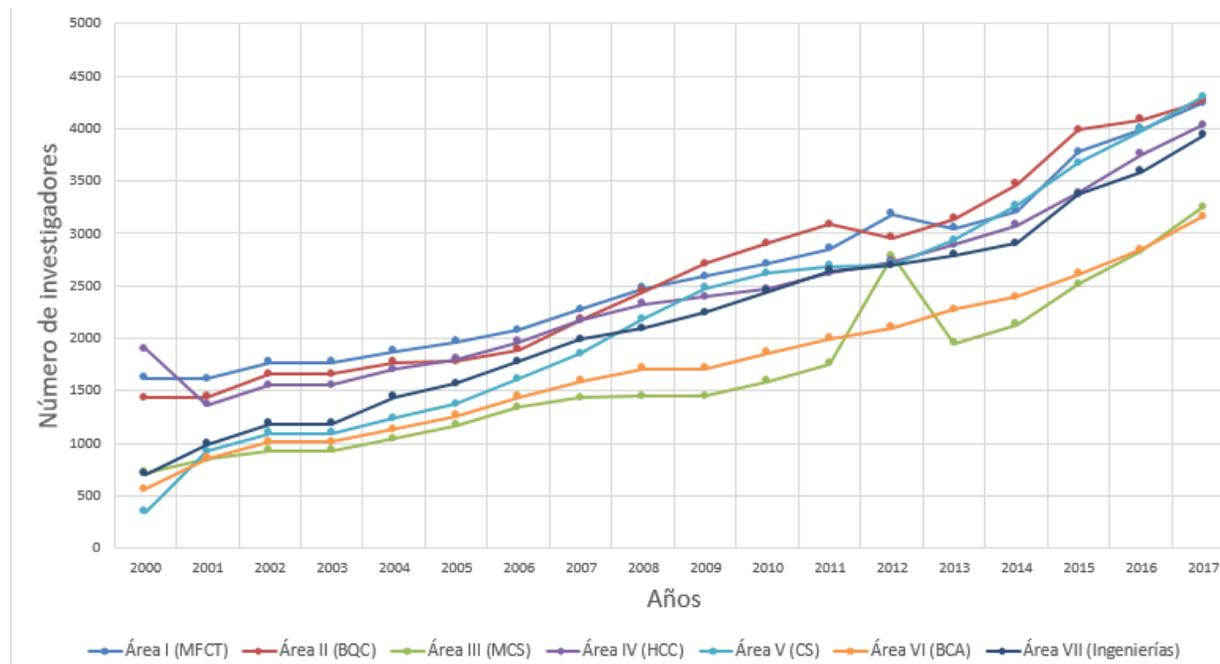


Figura 3: Estadística por área del número de investigadores pertenecientes al SNI

De acuerdo con la [25], además del SNI, existe el Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP). Éste consiste en profesionalizar a los Profesores de Tiempo Completo (PTC) para que formen cuerpos académicos y realicen actividades de investigación- docencia y desarrollo de la tecnología e innovación haciendo uso de la responsabilidad social. Actualmente cuenta con 730 instituciones de Educación Superior en su cobertura, incluyendo universidades politécnicas, universidades tecnológicas, institutos tecnológicos federales, entre otros. El PRODEP mide la calidad de sus PTC por medio del perfil deseable. Si cumple con los siguientes aspectos, se considera un PTC de calidad.

- Tener nombramiento de PTC
- Contar con doctorado (preferente) o maestría (mínimo). En caso de ser médico, alguna especialidad clínica
- Haber impartido un curso frente a grupo al año, durante los tres años anteriores a la fecha de presentar solicitud para pertenecer al PRODEP o durante el tiempo que ha transcurrido desde el primer nombramiento como PTC, o bien, desde que obtuvo su último grado
- Comprobar un producto de investigación de buena calidad al año durante los últimos tres años anteriores a presentar solicitud para pertenecer al PRODEP o durante el tiempo que ha transcurrido desde el primer nombramiento como PTC o bien, desde que obtuvo su último grado
- Haber impartido tutorías durante el último año inmediato a la fecha de presentación de solicitud para pertenecer al PRODEP. Las tutorías deben ir dirigidas a estudiantes, grupos o dirigir al menos una tesis
- Durante el último año anterior a la presentación de solicitud, haber participado en cuerpos colegiales formales, comisiones para el diseño, evaluación y operación de programas educativos y planes de estudio, comisiones para evaluar proyectos relacionados con la investigación, vinculación o difusión; así como en la dirección, coordinación y supervisión de programas relacionados con la educación, investigación, vinculación o difusión.

El [44] presenta que al día 15 de septiembre de 2017, el PRODEP tenía registrados 26710 Profesores de Tiempo Completo en todo el país, distribuidos en Universidades Públicas Estatales (UPE), UPE de Apoyo Solidario, Institutos de Educación Superior (IES) Federales, Universidades Politécnicas, Universidades Tecnológicas, Institutos Tecnológicos Federales, Escuelas Normales, Institutos Tecnológicos Descentralizados y Universidades Interculturales, siendo un programa eficiente para crear investigación y formar a través de la docencia a las futuras generaciones de científicos e investigadores.

En resumen, las instancias mexicanas expuestas, SNI y PRODEP son opciones que los investigadores tienen para conseguir una distinción por su labor y que su investigación sea aprovechada por la comunidad en general. Cada instancia cuenta con sus propios indicadores o lineamientos para determinar la calidad del investigador y es necesario que sean específicos y objetivos para que todo aquel que aspire a una distinción conozca si cumple con lo mínimo necesario, basándose, en parte, en los indicadores cuantitativos estadísticos de producción científica.

## 6. Crítica/Valoración

Un investigador es el que se encarga de producir artículos científicos, los cuales, vistos desde el punto de vista de un repositorio digital, éstos son productos. Cada producto es descrito a través de los metadatos, los cuales, si están llenados de forma correcta, permitirán al repositorio digital encontrar el producto adecuadamente, así como la interoperabilidad con otros repositorios, y, además, hacer referencia a los productos, lo cual ayuda al índice de citación de un investigador. Considerando, en el mejor de los casos que todo ocurre de este modo, se pueden aplicar los indicadores cuantitativos estadísticos para determinar la producción científica de un autor y de una comunidad científica. Estos indicadores tienen un impacto en el desempeño del investigador, ya que evalúan su producción y, por lo tanto, puede pertenecer a alguna instancia que le

asigne un perfil de investigador, de acuerdo a su nivel de producción de investigación y la calidad de la misma.

Cada instancia define sus propios indicadores de calidad del investigador. Para México, este artículo ha presentado el SNI y el PRODEP. Además, la importancia de que un investigador conozca sus indicadores de producción científica le permite conocer si puede ser candidato al SNI y si desea, postularse igualmente para PRODEP, ya que los requerimientos del SNI satisfacen a los de PRODEP pero los requerimientos mínimos de PRODEP no satisfacen a los del SNI. Pero algo que se debe considerar del SNI son sus indicadores, los cuales tienen un problema real muy grande. Dichos indicadores son cualitativos, subjetivos y no transparentes, lo que ocasiona que sean interpretados de manera subjetiva por cada evaluador del SNI. Un ejemplo es el que se presenta a continuación con base a lo que presenta el [10] respecto a los Criterios Específicos de Evaluación del Área I: Físico- Matemáticas y Ciencias de la Tierra:

“Contar con aportaciones recientes en algunos de los rubros descritos en la fracción I del artículo 46 del Reglamento del SNI, y que a juicio de la Comisión tengan los elementos de calidad para ingresar al SNI.”

La palabra “algunos” para determinar la cantidad de rubros descritos en la fracción I del artículo mencionado no es algo objetivo, lo cual hace que el candidato a Investigador del SNI desconozca con exactitud un número mínimo de aportaciones recientes con las que debe contar para contar con la distinción deseada. Además, los evaluadores pueden considerar “algunos” cualquier cifra que ellos desean. Y este no es el caso. Otro problema con los lineamientos del SNI es que no mencionan a qué revistas pueden pertenecer los artículos de sus investigadores. Pero investigando el Sistema de Clasificación de Revistas del [17] se observa que para cada área de conocimiento existen ciertas revistas aceptadas por CONACYT para que sus investigadores publiquen. Y si los aspirantes al SNI no conocen esta información porque los lineamientos no los especifican, y sus publicaciones no pertenecen a estas revistas, se postularán y se enterarán de manera lamentable de que no aprueban por algo que no estaba establecido en los lineamientos del SNI en el área correspondiente. Y un tercer problema con los lineamientos del SNI es que un investigador puede pertenecer únicamente a un área de conocimiento, por lo que, si desea hacer investigaciones fuera del área que pertenece, o simplemente quiere empezar a dedicarse a otra, por los lineamientos del SNI, esto resulta complicado, prácticamente imposible.

Es importante que el SNI utilice indicadores cuantitativos para sus aspirantes a las distinciones para que éstos conozcan con anticipación si sus indicadores cuantitativos en la calidad de sus investigaciones cumplen con los lineamientos del SNI en un área de conocimiento específica. Entonces, si se cumple con la calidad de los metadatos, los repositorios digitales contarán con la interoperabilidad, beneficiando a la obtención real de niveles de producción científica por medio de los indicadores cuantitativos estadísticos, datos útiles para las instancias que evalúan si un investigador puede pertenecer a ellas. Y si estas buenas prácticas se realizan en México, cumpliendo con la calidad en los metadatos por parte de las personas encargadas de llenarlos y por parte de los investigadores haciendo investigaciones de calidad (comprobable con los indicadores cuantitativos estadísticos, ya que, si la publicación es de calidad, sus niveles de citación aumentarán) y además, se afilian a una o más instancias como las presentadas en este documento, los niveles de calidad de ciencia aumentarán y por lo tanto, se puede recibir más infraestructura y recurso económico para la Ciencia y la Tecnología porque se demuestra que México tiene investigadores que son capaces de crear e innovar herramientas y soluciones científicas y tecnológicas, y así evitar comprar tecnología a otros países.

## 7. Conclusiones

Este artículo analizó la relación existente entre un repositorio digital con las investigaciones científicas que almacena, las cuales son creadas por investigadores y descritas por medio de los metadatos, y éstos deben llenarse de forma íntegra, exacta y consistente respecto al producto que describen, ya que de no ser así, las investigaciones científicas resultan perjudicadas, los repositorios no cuentan con la interoperabilidad y no se puede calcular con precisión la producción de la investigación científica por medio de los indicadores cuantitativos estadísticos, los cuales son útiles para el investigador para que conozca si puede pertenecer a alguna instancia que reconozca su labor como investigador. Se presentaron el SNI y el PRODEP como instancias mexicanas a las cuales un investigador puede pertenecer, haciendo referencia a sus indicadores para determinar la calidad del investigador, analizando los errores en dichos indicadores para sugerir cómo

mejorarlos y lograr que la Ciencia en México sea de mayor calidad y como consecuencia, gozar de los beneficios de mayor recurso económico e infraestructura destinados a la Ciencia y Tecnología.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México) a través de la beca con número (CVU/Becario): 853088/630948.

## Referencias

- [1] Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (2017). Criterios de evaluación [noviembre-2017] - Aneca. URL: <http://www.aneca.es/Programas-de-evaluacion/ACADEMIA/Criterios-de-evaluacion-noviembre-2017> Recuperado el 01 de diciembre de 2017.
- [2] Agudelo, M. (2009). Los metadatos. URL: [http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/men/docsoac3/0301\\_metadatos.pdf](http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/men/docsoac3/0301_metadatos.pdf) Recuperado el 21 de octubre de 2017.
- [3] Barker, P. (2005). What is IEEE Learning Object Metadata/IMS Learning Resource Metadata. *Cetis Standards Briefings Series*, 1:1–4.
- [4] Barton, J., Currier, S., and Hey, J. M. N. (2003). Building Quality Assurance into Metadata Creation: an Analysis based on the Learning Objects and e-Prints Communities of Practice. *International conference on Dublin Core and metadata applications supporting communities of discourse and practicemetadata research applications*, pages 1–10.
- [5] Bornmann, L. and Marx, W. (2011). The h index as a research performance indicator. *European Science Editing*, 37(3):77–80.
- [6] Brasher, A. and McAndrew, P. (2004). Human-generated learning object metadata. *On the Move to Meaningful Internet Systems 2004: OTM 2004 Workshops*, 3292:723–730.
- [7] Buela-Casal, G. (2003). Evaluación de la calidad de los artículos y de las revistas científicas: Propuesta del factor de impacto ponderado y de un índice de calidad. *Psicothema*, 15(1):23–35.
- [8] Confederation of Open Access Repositories (2011). El caso de interoperabilidad para Repositorios de Acceso Abierto. [https://www.coar-repositories.org/files/de\\_la\\_investigación-a-través-de-redes-globales-de-Repositorios-de-Acceso-Abierto-final-version.pdf](https://www.coar-repositories.org/files/de_la_investigación-a-través-de-redes-globales-de-Repositorios-de-Acceso-Abierto-final-version.pdf) Recuperado el 29 de noviembre de 2017.
- [9] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2011). Estadísticas Básicas. URL: [https://www.conacyt.gob.mx/images/conacyt/sni/archivo\\_{\\_}historico/estadisticas/Estadisticas\\_{\\_}basicas\\_{\\_}2011.pdf](https://www.conacyt.gob.mx/images/conacyt/sni/archivo_{_}historico/estadisticas/Estadisticas_{_}basicas_{_}2011.pdf) Recuperado el 25 de marzo de 2018.
- [10] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017a). Área I : Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra Criterios Internos de Evaluación Área I : Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra Criterios Internos de Evaluación. URL: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores/marco-legal/criterios-sni/13714-criterios-especificos-ai/file> Recuperado el 26 de noviembre de 2017.
- [11] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017b). Área II: Biología, Química y Ciencias de la Vida. Criterios Específicos de Evaluación. URL: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores/marco-legal/criterios-sni/13715-criterios-especificos-aaii/file> Recuperado el 26 de noviembre de 2017.
- [12] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017c). Área III: Medicina y Ciencias de la Salud. Criterios Específicos de Evaluación. URL: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores/marco-legal/criterios-sni/13716-criterios-especificos-aaiii/file> Recuperado el 26 de noviembre de 2017.

- [13] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017d). Área IV: Humanidades y Ciencias de la Conducta. Criterios Específicos de Evaluación. URL: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores/marco-legal/criterios-sni/13717-criterios-especificos-aiv/file> Recuperado el 26 de noviembre de 2017.
- [14] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017e). Área V: Ciencias Sociales Criterios Específicos de Evaluación. URL: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores/marco-legal/criterios-sni/13718-criterios-especificos-av/file> Recuperado el 26 de noviembre de 2017.
- [15] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017f). Área VI: Biotecnología y Ciencias Agropecuarias. Criterios Específicos de Evaluación. URL: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores/marco-legal/criterios-sni/13719-criterios-especificos-avi/file> Recuperado el 26 de noviembre de 2017.
- [16] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017g). Área VII : Ingenierías Criterios Específicos de Evaluación. <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores/marco-legal/criterios-sni/13720-criterios-especificos-avii/file> Recuperado el 26 de noviembre de 2017.
- [17] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017h). CONACyT - Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología. URL: <http://www.revistascytconacyt.mx/> Recuperado el 30 de noviembre de 2017.
- [18] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017i). Lineamientos Jurídicos de Ciencia Abierta. URL: <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/normatividad/conacyt-normatividad/programas-vigentes-normatividad/lineamientos/lineamientos-juridicos-de-ciencia-abierta/3828-lineamientos-juridicos-de-ciencia-abierta/file> Recuperado el 30 de noviembre de 2017.
- [19] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017j). Programas del CONACYT - Google Public Data Explorer. URL: [https://www.google.com/publicdata/explore?ds=cnkd64ja0fa0u\\_{\\_}](https://www.google.com/publicdata/explore?ds=cnkd64ja0fa0u_{_}) Recuperado el 27 de noviembre de 2017.
- [20] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017k). Repositorio Nacional/Sección Informativa. URL: <https://www.repositorionacionalcti.mx/> Recuperado el 30 de noviembre de 2017.
- [21] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017). Sistema Nacional de Investigadores. URL: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores>. Recuperado el 20 de noviembre de 2017.
- [22] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2018). Archivo histórico. URL: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores/archivo-historico> Recuperado el 20 de marzo de 2018.
- [23] DDI Alliance (2017). Document, Discover and Interoperate. URL: <http://www.ddialliance.org/> Recuperado el 14 de noviembre de 2017.
- [24] Diario Oficial de la Federación (2017). Acuerdo por el que se emite el nuevo reglamento del Sistema Nacional de Investigadores. URL: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_{\\_}detalle.php?codigo=5470107\\_{&}fecha=27/01/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_{_}detalle.php?codigo=5470107_{&}fecha=27/01/2017) Recuperado el 20 de noviembre de 2017.
- [25] Dirección General de Educación Superior Universitaria (2017). Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP). URL: <http://www.dgesu.ses.sep.gob.mx/PRODEP.htm> Recuperado el 25 de octubre de 2017.
- [26] Giménez-toledo, E., Mañana-rodríguez, J., and Delgado-lópez cózar, E. (2013). Quality indicators for scientific journals based on experts ' opinion. *eprint arXiv*, pages 1–19.
- [27] González Alcaide, G. and Gómez Ferri, J. (2014). La colaboración científica: principales líneas de investigación y retos de futuro. *Revista española de Documentación Científica*, 37(4):1–15.

- [28] International Organization for Standardization (2012). ISO/IEC 19506:2012 - Information technology – Object Management Group Architecture-Driven Modernization (ADM) – Knowledge Discovery Meta-Model (KDM). URL: <https://www.iso.org/standard/32625.html> Recuperado el 14 de noviembre de 2017.
- [29] Ip, A., Morrison, I., and Currie, M. (2001). What is a learning object, technically. *Proceedings of WebNet*, pages 23–27.
- [30] KNB (2017). Ecological Metadata Language (EML). URL: <https://knb.ecoinformatics.org/#tools/eml> Recuperado el 14 de noviembre de 2017.
- [31] Lagoze, C., Van de Sompel, H., Nelson, M., and Warner, S. (2005). Open Archives Initiative - Protocol for Metadata Harvesting - Guidelines for Repository Implementers. URL: <https://www.openarchives.org/OAI/2.0/guidelines-repository.htm> Recuperado el 06 de noviembre de 2017.
- [32] Lamarca, M. J. (2013). Metadatos. URL: <http://www.hipertexto.info/documentos/metadatos.htm> Recuperado el 30 de octubre de 2017.
- [33] Méndez, E. (1999). RDF: un modelo de metadatos flexible para las bibliotecas digitales del próximo milenio. *Les biblioteques i els centres de documentació*, pages 487–498.
- [34] Méndez, E. (2006). Dublin Core, metadatos y vocabularios. *El Profesional de la Información*, 15(2):84–86.
- [35] Michalska-Smith, M. J. and Allesina, S. (2017). And, not or: Quality, quantity in scientific publishing. *PLoS ONE*, 12(6):1–12.
- [36] Myrseth, P., Stang, J., and Dalberg, V. (2011). A data quality framework applied to e-government metadata: A prerequisite to establish governance of interoperable e-services. *Plos One*, pages 9–12.
- [37] National Science Foundation (2017). Picture Yourself at NSF — NSF - National Science Foundation. URL: <https://www.nsf.gov/careers/> Recuperado el 01 de diciembre de 2017.
- [38] Ochoa, X. and Duval, E. (2009). Quantitative analysis of learning object repositories. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2(3):226–238.
- [39] Open Archives Initiative (2018). Open Archives Initiative - Object Exchange and Reuse. URL: <https://www.openarchives.org/ore/> Recuperado el 21 de marzo de 2018.
- [40] Palavitsinis, N. (2013). *Metadata Quality Issues in Learning Repositories*. PhD thesis, Universidad de Alcalá.
- [41] Park, J.-R. (2009). Metadata Quality in Digital Repositories: A Survey of the Current State of the Art. *Cataloging & Classification Quarterly*, 47(3-4):213–228.
- [42] Peh, W. C. G. and Ng, K. H. (2008). Basic structure and types of scientific papers. *Singapore Medical Journal*, 49(7):522–525.
- [43] Pomerantz, J. (2015). *Metadata: The MIT Press Essential Knowledge series*, volume 1. The MIT Press, first edition.
- [44] Programa para el Desarrollo Profesional Docente, p. e. T. S. P. (2017). Reconocimiento a Perfil Deseable (VIGENTE). URL: [http://www.dgesu.ses.sep.gob.mx/Documentos/ultimosbenef/Perfiles{}\\_2017.pdf](http://www.dgesu.ses.sep.gob.mx/Documentos/ultimosbenef/Perfiles{}_2017.pdf) Recuperado el 26 de noviembre de 2017.
- [45] Rodríguez, C. E. (2016). El Sistema Nacional de Investigadores en números.
- [46] Senso, J. A. and de la Rosa Piñero, A. (2003). El concepto de metadato: algo más que descripción de recursos electrónicos. *Ciência da Informação*, 32(2):95–106.
- [47] Sharma, O. P. (2012). Quality Indicators of Scientific Research. *Indian Journal of Microbiology*, 52(2):305–306.

- [48] Sicilia, M., Garcia, E., Pages, C., Martinez, J., and Gutierrez, J. (2005). Complete metadata records in learning object repositories: some evidence and requirements. *International Journal of Learning Technology*, 1(4):411–424.
- [49] Smith, J. R. and Schirling, P. (2006). Metadata standards roundup. *IEEE Multimedia*, 13(2):84–88.
- [50] Southwest Educational Development (2005). What Are the Standars for Quality Research? *Focus: A Technical Brief from the National Center for the Dissemination of Disability Research*.
- [51] SWORD (2018). About SWORD. URL: <http://swordapp.org/about/> Recuperado el 21 de marzo de 2018.
- [52] The Dublin Core Metadata Initiative (2018). Dublin Core Metadata Initiative. URL: <http://dublincore.org/> Recuperado el 12 de abril de 2018.
- [53] Whalen, M. (2008). Rights Metadata Made Simple. *Introduction to Metadata*, pages 1–8.