

Towards a Knowledge Management Maturity Model for Research and Development Centers: a conceptual approach.

Diego Hernando Flórez-Martínez, Ph.D¹, and Rodrigo Alfredo Martínez-Sarmiento, Ph.D²

^{1,2} Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia. Sede Central. Km. 14 vía Mosquera - Bogotá, Mosquera - Cundinamarca, Colombia, dhflorez@agrosavia.co, ramartinez@agrosavia.co

Abstract— Knowledge management as a line of research within the framework of management sciences has become an area of transversal interest for organizations, especially those that base their strategy on research, development and innovation (R+D+i) activities.). This research includes a conceptual approach to the design of a model for measuring the maturity of knowledge management in R+D+i centers in Latin America. The methodological design implemented is of an exploratory type, of a non-experimental design and based on mixed methods based on the use of systematic literature review methodologies and tools, and qualitative content analysis and scientometrics. The final result is a first version of the maturity model as a measurement tool for research and development centers, which makes it possible to identify the current stage of the organization or its knowledge structures and to generate guiding elements to move to a new stage.

Keywords—knowledge management, maturity models, R&D, conceptual model, innovation capacities, public research .

Hacia un modelo de madurez de gestión del conocimiento para centros de investigación, desarrollo e innovación: una aproximación conceptual

Diego Hernando Flórez-Martínez, Ph.D¹, and Rodrigo Alfredo Martínez-Sarmiento, Ph.D²

^{1,2} Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia. Sede Central. Km. 14 vía Mosquera - Bogotá, Mosquera - Cundinamarca, Colombia, dhflorez@agrosavia.co, ramartinez@agrosavia.co

Resumen— la gestión del conocimiento como línea de investigación en el marco de las ciencias de gestión se ha convertido en un área de interés transversal para las organizaciones, en especial aquellas que basan su estrategia en actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Esta investigación comprende una aproximación conceptual al diseño de un modelo para la medición de la madurez de la gestión del conocimiento en centros de I+D+i en Latinoamérica. El diseño metodológico implementado es de tipo exploratorio, de diseño no experimental y basado en métodos mixtos a partir del uso de metodologías y herramientas de revisión sistemática de literatura, análisis cualitativo de contenidos y ciencimetría. El resultado final es una primera versión del modelo de madurez como herramienta de medición para centros de investigación y desarrollo, que permite identificar el estadio actual de la organización o de sus estructuras de conocimiento y generar elementos orientadores para pasar a un nuevo estadio.

Palabras clave—gestión del conocimiento, modelos de madurez, I+D+i, modelos conceptuales, capacidades de innovación, investigación pública

I. INTRODUCCIÓN

El conocimiento en organizaciones como universidades y centros de investigación más allá de una ventaja competitiva, permite per se, el avance de la sociedad al modificar y transformar las dinámicas socioeconómicas del entorno [1]. Este conocimiento se basa principalmente en la transformación de datos e información en las actividades de formación, investigación y extensión; lo que implica que el conocimiento es un estadio de la transformación intelectual y analítica de datos e información, que han sido interpretados, estructurados y contextualizados (relaciones de causalidad y relaciones de significado) [2]. En consecuencia, el conocimiento para una organización es un conjunto de saberes justificados que incrementan su capacidad para desarrollar acciones efectivas (toma de decisiones) [3] y alcanzar la innovación necesaria para afrontar los cambios del entorno [4].

Lo anterior presupone que las universidades y centros de investigación especializados que desean ser sostenibles en el tiempo y con capacidad de adaptación a las dinámicas globales (megatendencias y tendencias), y a las condiciones emergentes de entornos VUCA (volátiles, inciertos, complejos y ambiguos), deben reconocer en el conocimiento un activo y

una responsabilidad [5]. La capacidad de adaptación de la organización en función del conocimiento que adquiere genera, transfiere y usa, lo convierte en un insumo valorizable, raro, imperfectamente imitable, y no sustituible como base de una ventaja competitiva [6].

Es así como, la capacidad de este tipo de organizaciones para gestionar el conocimiento disponible, tanto endógeno como exógeno, debe contribuir a fortalecer las capacidades de la organización para su crecimiento y competitividad [7]. En correspondencia, la organización debe conocer cuáles son sus activos de conocimiento para gestionarlos y usarlos [8]; aquellos generales que comprenden la línea de base y aquellos específicos que comprenden el valor agregado, ventaja comparativa, ventaja competitiva o ventaja sostenible [9].

Cuatro elementos conceptuales se consideraron como línea de base para esta investigación y el diseño conceptual del modelo de madurez:

- 1) *Conocimiento*: conjunto de activos intangibles de una organización, que contribuye a desarrollar su propósito superior, su visión y sus metas de corto, mediano y largo plazo; a potenciar su capacidad de innovación y respuesta a las condiciones emergentes en su contexto y modelo de negocio y una fuente crítica de ventaja competitiva, que impacto su crecimiento y posicionamiento [10], [11].
- 2) *Gestión del conocimiento (GC)*: estrategia organizacional basada en ocho procesos clave identificación, adquisición, creación, codificación, transferencia, uso, protección y evaluación de conocimiento orientados a generar una ventaja competitiva [12].
- 3) *Madurez de gestión del conocimiento*: la madurez de GC define el grado en el cual la GC esta explícitamente definida, gestionada, controlada, y adaptada [13], mediante la evaluación de la efectividad en la creación, transferencia y uso de los activos de conocimiento [14]. Una definición más acotada es la propuesta por [15] citado por [16] la cual propone que, la madurez de GC en la organización está definida por los estadios, etapas o niveles que esta espera alcanzar en la implementación

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

de una estrategia de GC basada en prácticas y procesos, que contribuya a su crecimiento.

- 4) *Modelos de madurez de GC (MMGC)*: Los MMGC se definen de manera general cómo la aplicación sistematizada, sistemática y disciplinada, con enfoque cuantitativo y cualitativo, teniendo una visión de ingeniería, de actividades de evaluación y retroalimentación, para desarrollar, implantar y avanzar progresivamente en la GC organizacional [17]. Estos modelos se constituyen en una hoja de ruta individual, grupal y organizacional [18], para la adopción de procesos de GC alineados con las políticas, cultura, prácticas gerenciales y modelo de gestión.

Complementariamente a estos cuatro conceptos, es fundamental definir que las organizaciones de I+D+i se caracterizan por un uso intensivo de activos de conocimiento para la creación y transferencia de nuevo conocimiento, tecnologías y servicios de alto valor agregado (Tirpak et al., 2006). Estas pueden clasificarse acorde con Jain et al. en i) orientadas por misiones para metas de largo plazo e impacto en la frontera del conocimiento; ii) enfocadas en la frontera del conocimiento de campos específicos de investigación; y, iii) enfocadas en investigación académica (vinculando la investigación a la formación y la extensión) [19].

A partir de este marco de referencia, la investigación se enfoca en el diseño de un modelo conceptual de madurez de la GC para organizaciones de I+D+i en la región. El modelo comprende una estructura de dimensiones, variables críticas de éxito, niveles de madurez y un instrumento de autoevaluación. En las siguientes secciones se desarrollan, el diseño metodológico de la investigación, los resultados, la discusión, las conclusiones y trabajos futuros.

II. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño de la investigación abarca cuatro fases basadas en lo propuesto por [12] y [20], las cuales se desarrollaron de manera secuencial

A. Fase I – recuperación de información

En esta fase se desarrolla la búsqueda de información secundaria relacionada con los cuatro elementos conceptuales de base, en los motores de indexación de revistas de Scopus®, Web of Science® y Scielo Latinoamérica®. La recuperación de la información se realizó a través de la implementación de una ecuación de búsqueda estructural, la cual integra palabras clave asociadas al objeto de estudio (MMGC) y al objeto de trabajo (organizaciones de I+D+i).

TITLE-ABS-KEY (("organi?ation*" OR "R&D organi?ation*" OR "research organi?ation*" OR "research center*" OR "research centre*" OR "technological development center*" OR "technological development centre*" OR "innovation center*" OR "innovation centre*" OR "learning

organi?ation" OR "knowledge-based organi?ation*" OR "knowledge-intensive firm*" OR "knowledge-intensive organi?ation*" OR "teal organi?ation*") AND ("knowledge management model" OR "knowledge management assessment" OR "knowledge management maturity" OR "knowledge management capabilit* maturity model*" OR "knowledge management capabilit* maturity level*" OR "knowledge management evaluation" OR "knowledge management maturity model" OR "knowledge management maturity assessment")) (1)

Para establecer el núcleo de conocimiento de la investigación (estado del arte), se implementaron las técnicas cuantitativas de análisis de coocurrencia de palabras clave y análisis multicomponente de resúmenes. Las técnicas se implementaron en los aplicativos de software VOSviewer v1.6.18 y bibliometrix v4.0.1 [21], [22].

B. Fase II – Selección, recuperación y análisis de documentos clave

En esta fase se realiza el análisis de primer y segundo nivel de lectura del estado del arte acorde con lo propuesto por Elo & Kyngas [23]. El análisis de primer nivel se enfoca en la lectura crítica de los títulos y resúmenes de los registros de las publicaciones y su evaluación a través de siete criterios de calidad: (1) ¿se menciona un modelo de gestión de conocimiento?; (2) ¿se hace referencia a procesos o actividades de evaluación de conocimiento?; (3) ¿se aborda un caso de estudio o piloto relacionado con organizaciones generadoras de conocimiento?; (4) ¿se hace referencia a estructuras, niveles o esquemas de madurez?; (5) ¿se mencionan métodos de medición cualitativos, cuantitativos o mixtos de la GC?; (6) ¿el artículo es tipo *review*, una comparación o una compilación?; (7) ¿cuenta con un alto número de citas?.

Las publicaciones que cuentan con tres o más respuestas afirmativas a los criterios de calidad se seleccionan para la fase III, en la cual se desarrolla el segundo nivel de lectura en texto completo.

C. Fase III – Identificación de dimensiones, factores de éxito y niveles de madurez.

Las publicaciones seleccionadas en la fase II se analizaron en texto completo utilizando la metodología de análisis cualitativo de contenidos y de minería de texto en Atlas TI® v8.4.24 [24], [25]. Se definieron 33 códigos de categorización de textos los cuales comprenden cinco categorías:

1. *Modelos de GC y MMGC* (8): en esta categoría se agrupan los códigos, modelo de referencia, objetivo de madurez de GC, niveles de madurez, enfoque de GC, concepto de madurez, factores habilitantes GC, factores restrictores GC, y características de GC.
2. *Procesos de GC* (8): en esta categoría se agrupan los códigos identificación de conocimiento, adquisición de conocimiento, creación de conocimiento,

codificación/almacenamiento de conocimiento, transferencia de conocimiento, uso/aplicación de conocimiento, protección de conocimiento y evaluación de conocimiento.

3. *Factores críticos de éxito (10)*: en esta categoría se agrupan los códigos factores de éxito, estrategia, liderazgo, procesos organizacionales, recurso humano, infraestructura tecnológica, cultura, contexto organizacional, monitoreo y evaluación, liderazgo
4. *Elementos de medición (4)*: en esta categoría se agrupan los códigos límites y cuellos de botella, criterios de evaluación, metodologías de análisis y herramientas de medición.
5. *Áreas estratégicas de evaluación (3)*: en esta categoría se agrupan los códigos de direccionamiento estratégico, gestión de agenda corporativa y administración de recursos.

A partir de la categorización de textos [25] por medio del análisis de frecuencia (número de veces que dos códigos coinciden un mismo segmento de texto) e intensidad de coocurrencia (C, coeficiente de correlación estadístico que mide la fortaleza de la relación entre códigos en un intervalo entre 0 y 1) de los códigos, se identificaron los MMGC de referencia, las dimensiones de análisis, factores críticos de éxito (variables de análisis), niveles de madurez y procesos de GC más utilizados en la evaluación de la madurez de GC en las organizaciones.

D. Fase IV – estructuración del modelo conceptual e instrumento de autoevaluación.

La estructuración del MMGC para organizaciones de I+D+i toma como base los resultados de las fases precedentes, para la definición de: (1) los niveles de madurez que lo conforman; (2) las dimensiones organizaciones a evaluar; (3) las variables a evaluar por dimensión (factores críticos de éxito); (4) Los procesos de GC asociados a cada factor crítico de éxito por dimensión a evaluar; y, (5) la escala de valoración. A partir de los elementos mencionados con antelación se diseña la representación gráfica del modelo y el instrumento de autoevaluación.

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de cada una de las fases propuestas en el diseño metodológico:

A. Fase I – recuperación de información

Se recuperaron de Scopus® 343 registros de publicaciones indexadas; 88 de WoS® y 24 de Scielo®, los cuales, tras un proceso de normalización, sinonimización y eliminación de duplicados conformaron la línea de base del estado del arte de 364 publicaciones.

A través de la implementación de la técnica cuantitativa de análisis de coocurrencia y análisis multicomponente, se obtuvieron respectivamente el paisaje científico (*scientific landscape*) y el mapa de pilares temáticos de la investigación. Dichos mapa sintetizan el estado del arte (Figura 1 y 2).

El paisaje científico esta conformado por siete clústeres (ejes temático) que agrupan 236 tópicos clave que conforman 2.396 conexiones y una fuerza de enlace global de 3.228. Es decir cada tópico tiene en promedio 10,15 conexiones y una fuerza de interacción promedio de 1,35. A continuación se describen los clústeres temáticos

1. *Clúster rojo*: este clúster comprende las investigaciones en el análisis de los modelos de GC implementados en las organizaciones, los sistemas que soportan su diseño, implementación y seguimiento, y la relación con procesos organizacionales como la gestión del cliente, la gestión de la calidad, la cadena de suministros entre otros. Se destaca también, que de los modelos de GC se derivan los factores críticos de éxito y los procesos de GC que facilitan el quehacer misional de la organización.
2. *Clúster verde*: este clúster abarca las investigaciones en sistemas de información que facilitan la gestión del conocimiento organizacional, y por extensión la toma de decisiones. Esta toma de decisiones determina la creación de nuevo conocimiento, el aprendizaje organizacional y la generación de servicios basados en conocimiento.
3. *Clúster azul*: este clúster representa la implementación de MMGC en la organización, como un factor de competitividad y de creación de una ventaja competitiva sostenible. La definición del estado de madurez de los procesos de GC y de la cultura organizacional.
4. *Clúster amarillo*: este clúster representa el desarrollo de estrategias basadas en procesos de GC y su implementación en la organización, para el fortalecimiento de sus activos intangibles asociados al recurso humano. De igual manera, la consolidación de una cultura de conocimiento en la organización contribuye al desarrollo de habilidades de liderazgo, trabajo en equipo y colaboración, así como, a potenciar las estructuras de interacción de la organización.
5. *Clúster violeta*: este clúster destaca la importancia de las buenas prácticas para la gestión de servicios de información, la gestión de tecnologías para la analítica de datos, la gestión estratégica basada en evidencia y una cultura de gestión de la información.
6. *Clúster cian*: este clúster integra las investigaciones en el capital intelectual de la empresa y su evaluación de madurez interna para la determinación de mejores prácticas, aprendizajes significativos y análisis de impacto.
7. *Clúster naranja*: este clúster presenta una línea de trabajo emergente en cambios sociotécnicos que influyen en el aprendizaje organizacional.

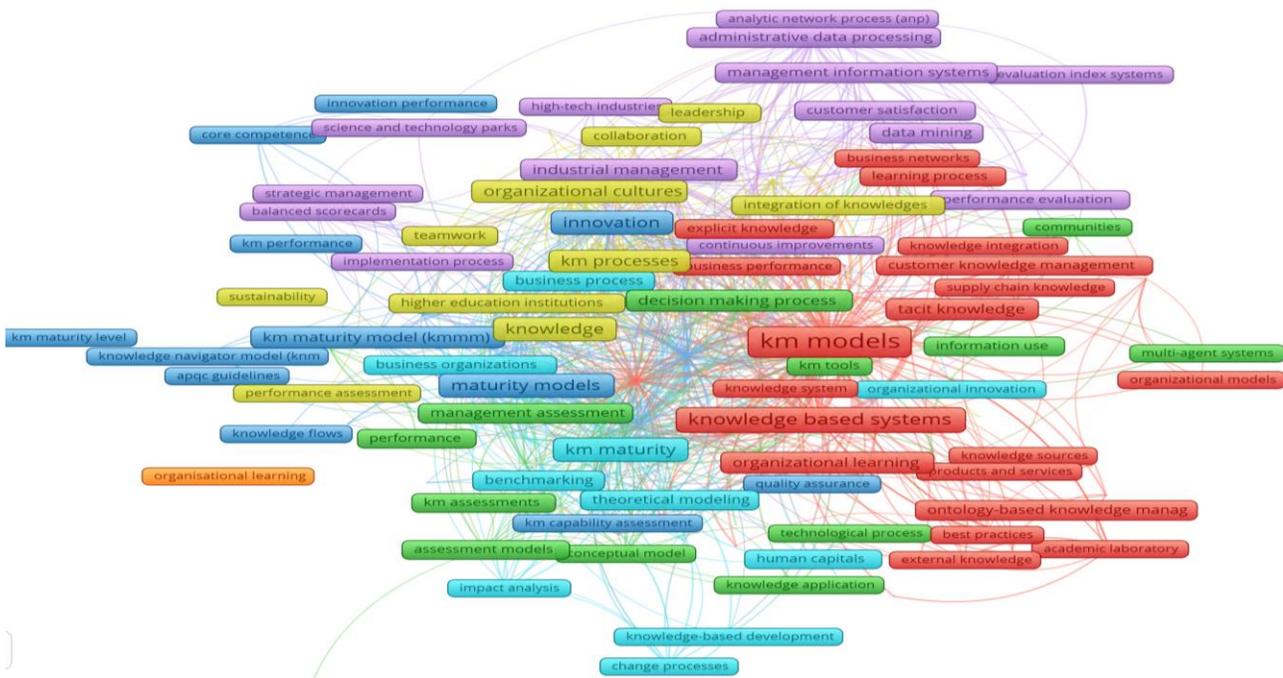


Fig. 1 Paisaje científico (red de coocurrencia de palabras clave) para la línea de investigación en MMGC.

Fuente. Elaboración propia a partir de datos recuperados de Scopus®, Web of Science® y Scielo® en junio de 2022. Software de análisis VOSviewer® v1.6.1

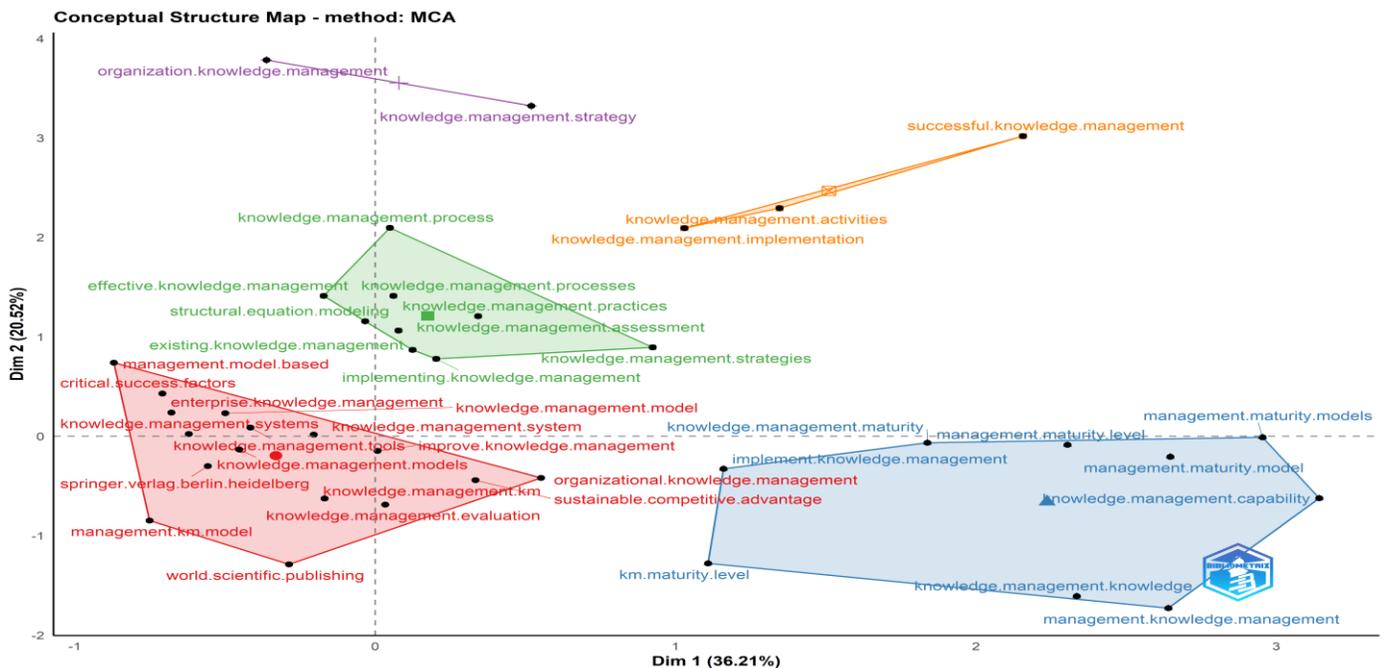


Fig. 2 Pilares del núcleo de conocimiento (mapa de análisis multicomponente de resúmenes) para la línea de investigación en MMGC.

Fuente. Elaboración propia a partir de datos recuperados de Scopus®, Web of Science® y Scielo® en junio de 2022. Software de análisis Bibliometrix® v4.0.1

El núcleo de conocimiento de la Figura 2 comprende cinco pilares clave:

1. Pilar Rojo – Modelos y herramientas de GC en la organización
2. Pilar Azul – MMGC para la evaluación de las capacidades actuales y deseadas en la organización y su contexto.
3. Pilar verde – procesos de GC como facilitadores del diseño, implementación y evaluación de la estrategia y la toma de decisiones en la organización
4. Pilar naranja – impacto de la GC
5. Pilar violeta – estrategias basadas en conocimiento

B. Fase II – Selección y análisis de documentos clave

A partir de la metodología descrita para la Fase II se seleccionaron mediante un primer nivel de lectura 124 publicaciones, de las cuales 115 relacionaban modelos de GC en la organización, 93 prácticas de evaluación de conocimiento, 106 relacionados con organizaciones generadores de conocimiento, 75 mencionaban estructuras, niveles y esquemas de madurez de GC, 90 contemplaban métodos de medición, 42 eran documentos tipo *review*, compilaciones o comparaciones y 29 contaban con un alto número de citas. Finalmente, se recuperaron 117 publicaciones en texto completo para el desarrollo de la fase III.

C. Fase III – Identificación de dimensiones, factores de éxito y niveles de madurez.

TABLA I
CODIFICACIÓN DE TEXTOS CLAVE

Categoría de códigos	Códigos	Frecuencia de ocurrencia
Área estratégica de evaluación	Administración de recursos	385
	Direccionamiento estratégico	316
	Gestión de agenda	1093
Elementos de medición	Criterios de evaluación	316
	Herramientas de medición	47
	Límites y cuellos de botella	20
	Metodologías de análisis	182
Factores críticos de éxito	Contexto organizacional	248
	Cultura	798
	Estrategia	562
	Estructura organizacional	251
	Factores de éxito	685
	Infraestructura tecnológica	415
	Liderazgo	253
	Monitoreo y evaluación	587
	Procesos organizacionales	291
	Recursos humanos	125
Modelos de GC y MMGC	Características de GC	249
	Concepto de madurez	105
	Enfoque de GC	960
	Factores habilitantes de GC	188
	Factores restrictores de GC	52
	Modelo de referencia	182

Categoría de códigos	Códigos	Frecuencia de ocurrencia
	Niveles de madurez	897
	Objetivo de madurez	193
Procesos de GC	Adquisición de conocimiento	153
	Codificación/almacenamiento de conocimiento	212
	Creación de conocimiento	638
	Evaluación de conocimiento	439
	Identificación de conocimiento	60
	Protección de conocimiento	76
	Transferencia de conocimiento	529
	Uso/implementación de conocimiento	1.969

Fuente. Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Atlas TI v.8.4.24

Como se presenta en la tabla I, el proceso de gestión de conocimiento con mayor relevancia en las organizaciones de I+D+i es el de uso/implementación de conocimiento (interno o externo a la organización), seguido por el de creación de conocimiento y transferencia de conocimiento. Con respecto a las áreas estratégicas la de mayor relevancia, es la gestión de la agenda (portafolio de proyectos), toda vez que, esta comprende el “*core*” del negocio. Con respecto a los factores críticos de éxito la cultura y la estrategia son los pilares para que cualquier organización basada en conocimiento, tenga una ventaja comparativa, competitiva y coopeitativa.

Con respecto a los elementos de medición se identificaron 316 textos clave relacionados con criterios de medición y 182 con metodología de análisis, lo que es correspondiente con la mención de 182 modelos de referencia, entre específicos de GC y de medición de madurez.

Una vez identificados en las cinco categorías definidas en el diseño metodológico los códigos más relevantes, y teniendo en cuenta los modelos de medición referentes Modelos Knowledge Journey y KPMG [15], [26]; G-MMGC [3]; Knowledge Navigator Model [27]; Knowledge Management Maturity Model – Critical success factors [28]; Knowledge management assessment instrument [29]; Madurez de conocimiento a través de comunidades de práctica [30]; Modelo multiperspectiva de madurez de GC [18]; Adaptación del “Army Knowledge Maturity Model” [31]; Modelo de madurez de gestión del conocimiento KM3 [32]; Modelo “Knowledge Navigator Model 2.0” [33]; y, Modelo de Gestión de conocimiento holístico [13], se desarrolló el análisis de frecuencia e intensidad de coocurrencia (Figura 3).

El primer nivel de análisis corresponde a la relación entre los ocho procesos fundamentales de GC y los factores críticos de éxito. Como se detalle en la Matriz (A), todos los procesos son transversales a los factores críticos de éxito. Sin embargo, la frecuencia e intensidad permite saber cual proceso tiene mayor correspondencia con el factor crítico de éxito. Para el caso de la cultura organizacional, esta se ve afectada por los procesos de uso (C=0,06), creación (C=0,06) y transferencia (C=0,04) de conocimiento y menor medida por la identificación (C=0,01) y protección (C=0,01) de este recurso.

(A)	Contexto o...	Cultura	Estrategia	Estructura o...	Factores crit...	Infraestruct...	Liderazgo	Monitoreo y...	Procesos or...	Recursos hu...	
	248	798	562	251	685	415	253	587	291	125	
Adquisición de conocimiento	153	14 (0,04)	26 (0,03)	5 (0,01)	11 (0,03)	6 (0,01)	7 (0,01)	7 (0,02)	10 (0,01)	14 (0,03)	2 (0,01)
Codificación/almacenamiento de conocimie...	212	8 (0,02)	35 (0,04)	13 (0,02)	9 (0,02)	14 (0,02)	15 (0,02)	6 (0,01)	12 (0,02)	19 (0,04)	5 (0,02)
Creación de conocimiento	638	37 (0,04)	76 (0,06)	35 (0,03)	23 (0,03)	41 (0,03)	28 (0,03)	22 (0,03)	21 (0,02)	52 (0,06)	13 (0,02)
Evaluación de conocimiento	439	10 (0,01)	42 (0,04)	37 (0,04)	19 (0,03)	45 (0,04)	21 (0,03)	15 (0,02)	243 (0,31)	24 (0,03)	15 (0,03)
Identificación de conocimiento	60	3 (0,01)	10 (0,01)	7 (0,01)	4 (0,01)	8 (0,01)	1 (0,00)	3 (0,01)	8 (0,01)	5 (0,01)	1 (0,01)
Protección de conocimiento	76	4 (0,01)	11 (0,01)	6 (0,01)	9 (0,03)	6 (0,01)	3 (0,01)	8 (0,02)	5 (0,01)	8 (0,02)	1 (0,01)
Transferencia de conocimiento	529	25 (0,03)	54 (0,04)	22 (0,02)	19 (0,02)	24 (0,02)	23 (0,02)	10 (0,01)	17 (0,02)	37 (0,05)	6 (0,01)
Uso/Implementación de conocimiento	1969	90 (0,04)	159 (0,06)	139 (0,06)	71 (0,03)	166 (0,07)	133 (0,06)	52 (0,02)	107 (0,04)	112 (0,05)	35 (0,02)

(B)	Administrac...	Direcciona...	Gestión de...	
	385	316	1093	
Contexto organizacional	248	23 (0,04)	22 (0,04)	52 (0,04)
Cultura	798	43 (0,04)	29 (0,03)	95 (0,05)
Estrategia	562	49 (0,05)	51 (0,06)	79 (0,05)
Estructura organizacional	251	34 (0,06)	20 (0,04)	49 (0,04)
Factores críticos de éxito	685	55 (0,05)	60 (0,06)	98 (0,06)
Infraestructura tecnológica	415	50 (0,07)	30 (0,04)	121 (0,09)
Liderazgo	253	29 (0,05)	20 (0,04)	56 (0,04)
Monitoreo y evaluación	587	30 (0,03)	17 (0,02)	81 (0,05)
Procesos organizacionales	291	29 (0,04)	31 (0,05)	70 (0,05)
Recursos humanos	125	62 (0,14)	12 (0,03)	31 (0,03)

(C)	Administrac...	Direcciona...	Gestión de...	
	385	316	1093	
Adquisición de conocimiento	153	9 (0,02)	6 (0,01)	35 (0,03)
Codificación/almacenamiento de conocimie...	212	15 (0,03)	9 (0,02)	35 (0,03)
Creación de conocimiento	638	44 (0,04)	32 (0,03)	103 (0,06)
Evaluación de conocimiento	439	40 (0,05)	21 (0,03)	104 (0,07)
Identificación de conocimiento	60	4 (0,01)	7 (0,02)	13 (0,01)
Protección de conocimiento	76	9 (0,02)	4 (0,01)	10 (0,01)
Transferencia de conocimiento	529	16 (0,02)	17 (0,02)	71 (0,05)
Uso/Implementación de conocimiento	1969	135 (0,06)	76 (0,03)	355 (0,13)

Fig. 3 (A) Matriz de frecuencia e intensidad de coocurrencia procesos de GC vs. Factores de éxito (B) Matriz de frecuencia e intensidad de coocurrencia factores críticos de éxito vs. Áreas estratégicas (C) Matriz de frecuencia e intensidad de coocurrencia de Procesos de GC vs. Áreas estratégicas.

Fuente. Elaboración propia a partir de datos recuperados de Scopus®, Web of Science® y Scielo® en junio de 2022. Software de análisis Atlas TI® v8.4.24

La estrategia se ve influenciada por el uso (C=0,06), la evaluación (C=0,04) y la creación de conocimiento (C=0,03). El factor crítico de monitoreo y evaluación es afectado por el proceso de evaluación de conocimiento (C=0,31) y uso de conocimiento (C=0,04).

La matriz (B) permite identificar que factores de éxito tienen un mayor impacto en las áreas estratégicas de evaluación, para una organización de I+D+i. En el área de direccionamiento estratégico los principales factores críticos de éxito son la estrategia per se (C=0,06), los procesos organizacionales (C=0,05), y la cultura (C=0,03). En el área de gestión de la agenda la infraestructura tecnológica (C=0,09), la cultura (C=0,05), y el monitoreo y evaluación (C=0,05) son los principales factores críticos de éxito. Finalmente, para el área de administración de recursos los factores críticos de éxito más determinantes son los recursos humanos (C=0,14), la infraestructura tecnológica (C=0,07) y la estructura organizacional (C=0,06).

La matriz (C) presentan la interrelación entre los procesos fundamentales de GC y las áreas estratégicas de evaluación. En el área de gestión de agenda el uso (C=0,13), la evaluación (C=0,07) y la creación de conocimiento (C=0,06) son los procesos que más incidencia tienen. Por otra parte, para el área de direccionamiento estratégico, estos tres mismos procesos son los de mayor impacto (C=0,03), (C=0,03) y (C=0,03) respectivamente. Finalmente, el área de administración de recursos es impactada por los mismos tres procesos (C=0,06), (C=0,05), y (C=0,04) respectivamente.

D. Fase IV – estructuración del modelo conceptual e instrumento de autoevaluación.

A partir de los resultados obtenidos en las fases previas se diseña la estructura conceptual del modelo de medición de madurez para organizaciones de I+D+i (MMGC-IDi). El MMGC-IDi se constituye en una propuesta de un modelo a la medida (*tailored models*), el cual cumple con los cuatro componentes clave que todo MMGC: (1) niveles de madurez, establecer la ruta detallada a través de la cual se clasificará y categorizará el avance e hitos de la organización (sus individuos o grupos de trabajo). Cada nivel ofrece una perspectiva cualitativa y cuantitativa del grado de desarrollo frente al modelo de GC; (2) Áreas de análisis clave, las áreas específicas sobre las que se evaluara el grado de madurez en la implementación, uso y adopción del modelo de GC de la organización; (3) Factores críticos de éxito (habilitantes/restrictores): que establecen los parámetros a considerar para la valoración del nivel de madurez; y (4) el

instrumento y la escala de valoración, permiten definir el nivel de madurez para cada área de análisis en función de los factores críticos de éxito. En la Figura 4 se presenta el esquema del modelo MMGC-IDI diseñado para una organización de I+D+i

aproximación institucional a la GC y la conciencia de las implicaciones de su aplicación. En este estadio se identifican herramientas aisladas y de uso individual para la GC e iniciativas para fortalecer la infraestructura necesaria.

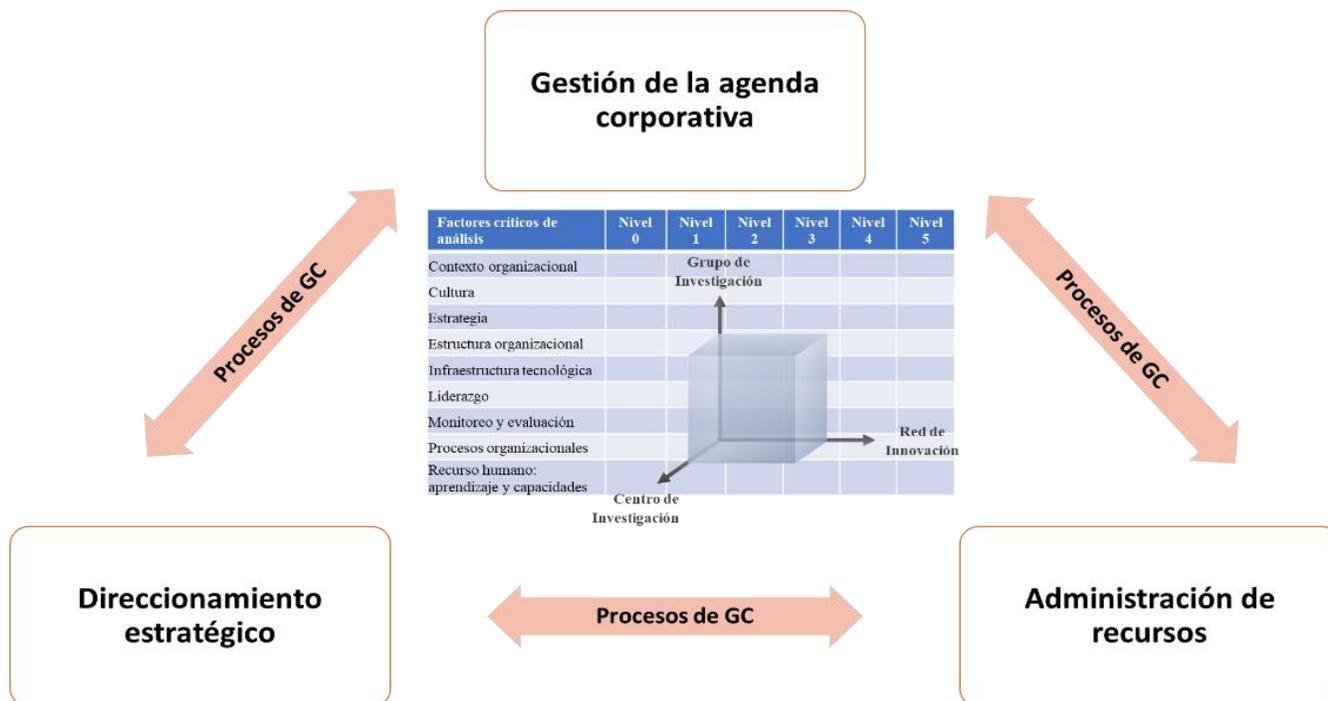


Fig. 4 Esquema del MMGC-IDI
Fuente. Elaboración propia

El modelo comprende las tres áreas estratégicas las cuales interactúan a través de los ocho procesos fundamentales de GC, y que son evaluadas a través seis niveles de madurez con relación a nueve factores críticos de éxito.

- **Nivel 0 - semillas conocimiento:** En este nivel la GC se convierte en una iniciativa potencial e intencionada, en la cual existe una voluntad para generar y compartir conocimiento. En este nivel existen procesos de GC que no son necesariamente controlados, no existe un marco de referencia para el abordaje de la GC en las actividades de investigación y no se percibe la GC como un aspecto crítico en el desarrollo de la I+D+i.
- **Nivel 1 - brotes y plántulas de conocimiento:** En este nivel la GC se convierte en una iniciativa en curso que es promocionada de manera consiente al interior de la organización, convirtiéndose en un elemento de la cultura organizacional que reconoce y promueve la generación y transferencia de conocimiento. En este nivel los procesos de GC se encuentran en un estado exploratorio de conceptualización y delimitación, en función de una

- **Nivel 2 - crecimiento de conocimiento:** En este nivel la GC se convierte en una directriz organizacional a través de la cual la promoción de la GC se enfoca en su formalización en términos de procesos, infraestructura, cultura y estrategia. Los mecanismos relacionados se encuentran parcialmente desplegados al igual que los de monitoreo y seguimiento. Se identifican practicas recurrentes de GC sujetas de ser sistematizadas. En términos generales los esfuerzos de GC están bien desarrollados, pero no implementados de manera total.
- **Nivel 3 - floración de conocimiento:** En este nivel las iniciativas de GC han generado un programa institucional (táctica – estrategia – función organizacional), el cual está definido como parte del marco estratégico de la organización. Los procesos de GC están establecidos y pueden ser sujetos de medición y seguimiento. Existe una correlación entre las actividades de GC y las funciones organizacionales. El esfuerzo de GC es completo y se encuentra interiorizado en la organización en pro de una estandarización. Los activos y herramientas de GC son de fácil acceso y uso.
- **Nivel 4 - frutos de conocimiento:** En este nivel la GC alcanza un estadio avanzado en el cual los esfuerzos por su conceptualización, implementación y apropiación

alcanzan un mismo nivel de eficiencia y calidad. Las prácticas de GC se gestionan de manera avanzada a través de mecanismos de monitoreo y evaluación basados en indicadores mixtos, los cuales son aceptados y reconocidos por toda la organización. La GC en red comprende la interacción de actores internos y la integración de actores externos. La GC es parte de la cultura organizacional y es soportada por la infraestructura tecnológica.

- **Nivel 5 - agregación de valor al conocimiento:** Este nivel se considera un estadio de cambio de paradigma en la organización en función de la GC, no solo como parte de su estrategia, sino la estrategia per se. En este nivel los procesos de GC han permeado los niveles operativo, táctico y estratégico y permiten que la organización desarrolle un modelo de negocio holístico y simbiótico con su entorno. Existe sinergia en los flujos de conocimiento individual, grupal y colectivo, a través de enfoques interdisciplinarios (mirada interna) y transdisciplinarios (mirada externa). El seguimiento y monitoreo a la GC comprende métricas mixtas que permiten modelar una ecosistema de agregación de valor entre las diferentes partes interesadas (*stakeholders*).

La escala de valoración diseñada tiene en cuenta el instrumento de autodiagnóstico (shorturl.at/aXZ23), el cual busca evaluar para cada área estratégica los nueve factores críticos de éxito en función de los cinco principales procesos de gestión de conocimiento relacionados. En total el instrumento cuenta con 140 afirmaciones (con sus respectivas definiciones) las cuales se evalúan acorde con la tabla II y la sumatoria de puntos obtenidos define nivel actual de madurez de GC.

TABLA II
ESCALA DE MEDICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Escala cuantitativa (Puntuación)	Escala cualitativa
1	Totalmente en desacuerdo
2	Parcialmente en desacuerdo
3	Neutral (Ni en acuerdo, ni en desacuerdo)
4	Parcialmente de acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

Nivel de Madurez	Intervalo de puntuación
Nivel 5 – Agregación de valor al conocimiento	560 <
Nivel 4 – Frutos de conocimiento	[448 – 560)
Nivel 3 – Floración de conocimiento	[336 - 448)
Nivel 2 – Crecimiento de conocimiento	[224 - 336)
Nivel 1 – Brotes y plántulas de conocimiento	[112 - 224)
Nivel 0 – Semillas de conocimiento	[0 - 112)

Para el caso específico de este tipo de organizaciones, la implementación del modelo debe tener en consideración las estructuras de GC relacionadas con la interacción de capacidades. Se destacan como principales estructuras de GC formales los grupos de investigación (enfoques disciplinares y

multidisciplinares); las redes de conocimiento (enfoques interdisciplinares) y los nodos o centros territoriales de I+D+i (enfoques transdisciplinares), así como, las estructuras informales (comunidades de práctica).

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La evaluación y monitoreo de la GC en las organizaciones de I+D+i es una función que permea las diferentes estructuras formales y no formales, a través de las cuales interactúa el recurso humano (capital intelectual), generando, transfiriendo y utilizando el activo más valioso de la empresa (el conocimiento). Esta función nuclear de los MMGC permite a la organización generar un diagnóstico de base inicial, en el cual delimita su estado de madurez actual. Este estado debe abordarse como un punto de partida en el proceso de mejora continua de las buenas prácticas en GC. Como lo plantea [34], los modelos de GC para instituciones de I+D+i, debe armonizar las dimensiones de capital financiero, capital humano, organizacional y relacional, y el capital de innovación y desarrollo.

El modelo propuesto se diferencia de los modelos de referencia seleccionados como base conceptual y metodológica, en que no busca que la organización o sus estructuras generen un “*sprint*” para alcanzar el último nivel de madurez, si no genera una preparación estructurada para mejorar su desempeño en el nivel actual, y una vez tenga cumplido el alcance de dicho nivel, establecer una hoja de ruta de corto, mediano o largo plazo, para pasar al siguiente. Otro factor diferencial del modelo de madurez es que asocia a cada factor de éxito por área estratégica, los procesos de GC que facilitan o restringen su desarrollo.

Adicionalmente a los elementos que conforman el modelo, este se debe caracterizar por ser flexible, robusto y sencillo para la medición; amplio y adaptable para ser implementado en diferentes contextos; y, replicable en el tiempo como instrumento de monitoreo y evaluación de la estrategia de GC de la organización. Un punto de referencia es lo planteado por [35] es como estos modelos deben potenciarse con la tecnologías de la cuarta revolución industrial, para promover la transformación digital de la GC.

Finalmente, el modelo se convierte en una propuesta específica para organizaciones que se categoricen como centros de investigación, centros de ciencia, centros de desarrollo tecnológico, unidades de I+D+i o incubadoras de empresas de base tecnológica.

V. TRABAJOS FUTUROS

Desarrollar pilotos de implementación del modelo a través de la modalidad de estudios de caso y generar una nueva versión del modelo con un alcance metodológico.

AGRADECIMIENTOS

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, AGROSAVIA, por su apoyo en la participación en espacios transversales a su núcleo de conocimiento, donde se identifican tendencias, señales débiles y fronteras de conocimiento que inciden en el corto, mediano y largo plazo, la investigación en ciencias agropecuarias desde la mirada de la ingeniería, la tecnología y la educación.

REFERENCIAS

- [1] H. Paez-Logreira, R. Zamora-Musa, and J. Velez-Zapata, "Relation analysis of knowledge management, research, and innovation in university research groups," *J. Technol. Manag. Innov.*, vol. 11, no. 4, pp. 5–11, 2016, doi: 10.4067/S0718-27242016000400002.
- [2] J. Paliszkiwicz, "Knowledge management: An integrative view and empirical examination," *Cybern. Syst.*, vol. 38, no. 8, pp. 825–836, 2007, doi: 10.1080/01969720701601148.
- [3] L. G. Pee and A. Kankanahalli, "A model of organisational knowledge management maturity based on people, process, and technology," *J. Inf. Knowl. Manag.*, vol. 8, no. 2, pp. 79–99, 2009, doi: 10.1142/S0219649209002270.
- [4] L. Pereira, A. Fernandes, M. Sempiterno, Á. Dias, R. L. da Costa, and N. António, "Knowledge management maturity contributes to project-based companies in an open innovation era," *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.*, vol. 7, no. 2, 2021, doi: 10.3390/joitmc7020126.
- [5] P. J. Hsieh, B. Lin, and C. Lin, "The construction and application of knowledge navigator model (KNMTM): An evaluation of knowledge management maturity," *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 2 PART 2, pp. 4087–4100, 2009, doi: 10.1016/j.eswa.2008.03.005.
- [6] R. Mikovic, B. Arsic, D. Gligorijevic, M. Gacic, D. Petrovic, and N. Filipovic, "The Influence of Social Capital on Knowledge Management Maturity of Nonprofit Organizations - Predictive Modelling Based on a Multilevel Analysis," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 47929–47943, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2909812.
- [7] L. Montañez Carrillo and J. P. Lis Gutiérrez, "A propósito de los modelos de madurez de gestión del conocimiento," *Rev. Fac. Ciencias Económicas*, vol. 25, no. 2, pp. 63–81, 2017, doi: 10.18359/rfce.3069.
- [8] M. A. Ale, C. M. Toledo, O. Chiotti, and M. R. Galli, "A conceptual model and technological support for organizational knowledge management," *Sci. Comput. Program.*, vol. 95, no. P1, pp. 73–92, 2014, doi: 10.1016/j.scico.2013.12.012.
- [9] J. Andrade, J. Ares, R. GARCÍA, S. Rodríguez, and S. Suárez, "A knowledge-based system for knowledge management capability assessment model evaluation," *WSEAS Trans. Comput.*, vol. 9, no. 5, pp. 506–515, 2010.
- [10] K. H. Chan, S. K. W. Chu, and W. W. Y. Wu, "Exploring the correlation between knowledge management maturity and intellectual capital efficiency in mainland chinese listed companies," *J. Inf. Knowl. Manag.*, vol. 11, no. 3, pp. 1–11, 2012, doi: 10.1142/S0219649212500177.
- [11] F. F. Batista and C. O. Quandt, "Knowledge management in the public sector: Maturity levels of federal government organizations in Brazil," *Proc. Eur. Conf. Knowl. Manag. ECKM*, vol. 2016-Janua, pp. 54–61, 2016.
- [12] D. H. Flórez Martínez, J. M. Sánchez Torres, and C. A. Rodríguez Romero, "Towards a conceptual model for knowledge management processes integration into strategic decision-making," *Int. J. Knowl. Manag. Stud.*, vol. 1, no. 1, 2021, doi: 10.1504/ijkms.2021.10039672.
- [13] B. Demchig, "A holistic conceptual model of organizational knowledge management maturity," in *Proceedings of the International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management and Organisational Learning, ICICKM*, 2020, vol. 2020-October, doi: 10.34190/IKM.20.089.
- [14] G. Escrivão and S. L. da Silva, "Maturidade da gestão do conhecimento: a importância da infraestrutura organizacional para o desenvolvimento dos estágios," *Perspect. em Ciência da Informação*, vol. 25, no. 4, pp. 218–241, 2020, doi: 10.1590/1981-5344/4022.
- [15] K. Ehms and M. Langen, "Holistic development of knowledge management with KMMM," *Siemens AG*, 2002.
- [16] T. Goonesekera and S. Zyngier, "Measuring knowledge management maturity levels in organisation's production area using fuzzy linguistic variables," *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, pp. 1–10, 2011, doi: 10.1109/HICSS.2011.304.
- [17] K. K. Kuriakose, B. Raj, S. A. V. S. Murty, and P. Swaminathan, "Knowledge Management Maturity Model: An Engineering Approach," *J. Knowl. Manag. Pract.*, vol. 12, no. 2, 2011.
- [18] N. Guo, Q. Fan, and H. Yu, "The Construction of Program Knowledge Management Maturity Model-individual, Team, Organization perspective," no. Emim, pp. 945–949, 2016, doi: 10.2991/emim-16.2016.195.
- [19] R. R. K. Jain, H. H. C. H. C. Triandis, and C. W. C. W. Weick, *Managing research, development and innovation : managing the unmanageable*. John Wiley & Sons., 2010.
- [20] D.-H. Flórez-Martínez, "Modelo de integración de procesos de gestión de conocimiento para la toma de decisiones estratégicas en organizaciones de investigación, desarrollo e innovación," Universidad Nacional de Colombia, 2019.
- [21] M. Aria and C. Cuccurullo, "Bibliometrix: An R tool for comprehensive Science Mapping Analysis," 2020, [Online]. Available: <https://bibliometrix.org/index.html>.
- [22] N. J. van Eck and L. Waltman, "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, 2010, doi: 10.1007/s11192-009-0146-3.
- [23] S. Camerini, E. Montepeloso, M. Casella, M. Crescenzi, R. M. Marianella, and F. Fuselli, "Mass spectrometry detection of fraudulent use of cow whey in water buffalo, sheep, or goat Italian ricotta cheese," *FOOD Chem.*, vol. 197, pp. 1240–1248, 2016, doi: 10.1016/j.foodchem.2015.11.073.
- [24] R. B. Contreras, "Examining the Context in Qualitative Analysis: The Role of the Co-Occurrence Tool in ATLAS.ti," *Newsletter 2011*, vol. 2, no. August, pp. 5–6, 2011, [Online]. Available: http://atlasti.com/wp-content/uploads/2014/05/contreras_nl201108.pdf.
- [25] J. K. Lewis, "Using ATLAS.ti to Facilitate Data Analysis for a Systematic Review of Leadership Competencies in the Completion of a Doctoral Dissertation," *Soc. Sci. Res. Netw.*, vol. Paper 67, pp. 1–14, 2016, doi: 10.2139/ssrn.2850726.
- [26] KPMG, "Knowledge Management: Research Report 2000," *J. Knowl. Manag.*, vol. 2, 2000.
- [27] C. Lin, J. C. Wu, and D. C. Yen, "Exploring barriers to knowledge flow at different knowledge management maturity stages," *Inf. Manag.*, vol. 49, no. 1, pp. 10–23, 2012, doi: 10.1016/j.im.2011.11.001.
- [28] N. Khatibian, T. Hasan ghohoi pour, and H. Abedi Jafari, "Measurement of knowledge management maturity level within organizations," *Bus. Strateg. Ser.*, vol. 11, no. 1, pp. 54–70, 2010, doi: 10.1108/17515631011013113.
- [29] A. H. Abu Bakar, M. A. Tufail, W. Virgiyanti, and M. N. Yusof, "Assessing Knowledge Management Processes and Competitive Advantage in Local Authorities using Knowledge Management Assessment Instrument (KMAI)," *Build. a Compet. Public Sect. with Knowl. Manag. Strateg.*, no. November, pp. 294–314, 2013, doi: 10.4018/978-1-4666-4434-2.ch013.
- [30] L. Chetty and M. Mearns, "Using communities of practice towards the next level of knowledge-management maturity," *SA J. Inf. Manag.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–9, 2012, doi: 10.4102/sajim.v14i1.503.
- [31] E. O. Dos Santos and G. F. Frederico, "Evaluating knowledge management maturity: A case study of a service operations company," *Int. J. Bus. Excell.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–18, 2018, doi: 10.1504/IJBEX.2018.094568.
- [32] D. M. Van Laar, M. E. Kitchens, and J. T. Koskey, "Measuring knowledge management maturity in U.S. Army headquarters,"

- Knowl. Process Manag.*, vol. 27, no. 4, pp. 311–321, 2020, doi: 10.1002/kpm.1651.
- [33] P. J. Hsieh, C. Lin, and S. Chang, “The evolution of knowledge navigator model: The construction and application of KNM 2.0,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 148, p. 113209, 2020, doi: 10.1016/j.eswa.2020.113209.
- [34] N. Gómez-Marín, J. Cara-Jiménez, A. Bernardo-Sánchez, L. Álvarez-de-Prado, and F. Ortega-Fernández, “Sustainable knowledge management in academia and research organizations in the innovation context,” *Int. J. Manag. Educ.*, vol. 20, no. 1, 2022, doi: 10.1016/j.ijme.2022.100601.
- [35] S. Gupta, T. Tuunanen, A. K. Kar, and S. Modgil, “Managing digital knowledge for ensuring business efficiency and continuity.,” *J. Knowl. Manag.*, vol. 27, no. 2, pp. 245–263, 2023.