



---

# Análisis del comportamiento de búsqueda de información en la Web como soporte a la elaboración de soluciones creativas en estudiantes

Tesis doctoral presentada por Cristian Olivares-Rodríguez

Dirigida por Dra. Mariluz Guenaga

dentro del programa de Doctorado en Ingeniería para la Sociedad de la  
Información y Desarrollo Sostenible





---

# Análisis del comportamiento de búsqueda de información en la Web como soporte a la elaboración de soluciones creativas en estudiantes

Tesis doctoral presentada por Cristian Olivares-Rodríguez

Dirigida por Dra. Mariluz Guenaga

dentro del programa de Doctorado en Ingeniería para la Sociedad de la  
Información y Desarrollo Sostenible

El doctorando

La directora

Bilbao, Mayo de 2017



A Martha, Javiera y Gonzalo. La fuerza de mi vida en este importante desafío.  
Los mejores compañeros de ruta.



# RESUMEN

---

La creatividad y la búsqueda de información son habilidades esenciales para la resolución de problemas complejos y forman parte del grupo de habilidades para el siglo XXI. Por un lado, la capacidad creativa se define como el proceso interactivo e iterativo de búsqueda de alternativas de soluciones novedosas y útiles. Por otro lado, la búsqueda de información permite construir conocimiento a partir de estrategias efectivas y eficientes de exploración y recuperación de información desde Internet a través de los motores de búsqueda, pero el esfuerzo y la motivación intrínseca de los usuarios disminuye cuando no son capaces de alcanzar sus metas. Mientras tanto, en la educación formal se contribuye al desarrollo de las capacidades de resolución de problemas en los niños y jóvenes, sin embargo, se ha observado que la capacidad creativa tiende a disminuir con el paso de los años.

La creatividad se sustenta, principalmente, en las habilidades asociativas, se encuentra presente en todos los individuos y, por lo tanto, puede ser reconocida y educada. Se han desarrollado diversos instrumentos de evaluación para reconocer el nivel creativo de los individuos; y existen una serie de programas de entrenamiento para transferir las habilidades creativas. No obstante, los instrumentos de evaluación de la creatividad requieren de un alto grado de experiencia por parte de los revisores, toman bastante tiempo para su aplicación, tienen un carácter explícito, en algunos instrumentos, se les asocia una alta subjetividad y han sido validados en adultos.

Debido a la similitud y complementariedad de ambas habilidades, se ha realizado un estudio del comportamiento de búsqueda de información como vía para la comprensión y mejora del proceso creativo durante a la resolución de problemas complejos. Con este propósito, se ha llevado a cabo una revisión del proceso de búsqueda de información en jóvenes para establecer una relación conceptual con el proceso creativo, y desarrollar una herramienta de resolución creativa de desafíos en la web – GoNSA. Como resultado de este trabajo se han elaborado una serie de modelos de usuario sustentados en las habilidades asociativas y la diversidad en la búsqueda de información de los usuarios, que han contribuido a reconocer de manera automática e implícita el potencial creativo de los usuarios. Asimismo, con el fin de contribuir a mejorar la calidad de las soluciones a problemas complejos, en términos creativos, se han implementado soportes automáticos través del análisis del comportamiento de búsqueda de los usuarios creativos.

Como resultado de esta investigación y de la comprensión de los estudios previos, se proporciona a la comunidad un marco de evaluación automática e implícita de la creatividad por medio del análisis del comportamiento de búsqueda de información y un modelo de soporte a la mejora de la calidad creativa de las soluciones. Existen distintas líneas de investigación abiertas que permitirán avanzar hacia el desarrollo de plataformas educativas con modelos de personalización y recomendación para el soporte de la creatividad.



# ABSTRACT

---

Creativity and information search are essential skills to solve complex problems and they are part of the 21<sup>st</sup> century skills. On one hand, the creative ability is defined as the interactive and iterative process of searching for novel and useful alternative solutions. On the other hand, the information search allows us to build knowledge from effective and efficient strategies of exploration and information retrieval from the Internet through search engines, but the effort and the intrinsic motivation of users diminishes when they are not able to achieve their goals. Meanwhile, formal education contributes to the development of problem-solving skills in children and young people, but it has been observed that creative ability tends to decline over the years.

Creativity is based, mainly, on associative skills, it can be found in all individuals and, thus, it can be recognized and educated. Several evaluation tools have been developed to recognize the creative level of individuals; and there are a number of training programs to transfer the creative skills. However, the tools to evaluate creativity require a high degree of experience from reviewers, their application takes a lot of time, they involve explicit activities, in some tools a high level of subjectivity is associated and they have been tested with adults.

Due to the similarity and complementarity of both abilities, a study of the information search behavior has been developed as a way to understand and improve the creative process during complex problem solving. With this purpose in mind, a review of the information search process in young people has been carried out, in order to establish a conceptual relationship with the creative process and to develop a tool for the creative challenge solving on the web – named GoNSA. As a result of this work, a series of user models have been defined, based on the associative skills and on the diversity of users' information search, which have contributed to automatically and implicitly recognize the users' creative potential. In addition, and with the aim of improving the quality of solutions to complex problems, in terms of creativity, automatic supports have been implemented through the analysis of creative users' search behavior.

As a result of this research, and the understanding of previous studies, the community is provided with a framework for the automatic and implicit evaluation of creativity through the analysis of information search behavior, and a support model to improve the solutions' creative quality. There are different open research lines that will allow to progress towards the development of educational platforms with personalization and recommendation models for the support of creativity.



# AGRADECIMIENTOS

---

Esta tesis es el trabajo de tres años de mi vida, el cual he tenido el placer de construir y compartir a partir de relaciones personales muy diversas y enriquecedoras, tanto en lo profesional como en lo personal.

En primer lugar quiero agradecer a Mariluz, una guía crucial en la delineación del trabajo de investigación, siempre presta al debate sobre los asuntos centrales y derivados de la tesis, a sus críticas constructivas que han influido positivamente en mi trabajo investigador y al apoyo moral durante periodos críticos. Por ello y más, el tener a Mariluz como directora ha significado un inmenso aporte a la construcción de mi perfil de investigador y a la motivación por la generación de conocimiento desde la tecnología a la educación.

En segundo lugar, quiero agradecer a quienes han apoyado mi trabajo desde el equipo de Learning de la Facultad de Ingeniería, entregando a la investigación un respaldo grupal gracias sus experiencias y vínculos. En especial a Iratxe y Pablo, dispuestos a entregar críticas constructivas para la mejora continua de mis propuestas y prestos a establecer los contactos necesarios para la experimentación. Después de estos tres años en Bilbao, me llevo mucho de vuestro equipo de trabajo, agradezco la cordial recepción que me han brindado y las oportunidades que me han entregado.

Finalmente, quiero agradecer a quienes han colaborado con mi trabajo de investigación durante las experimentaciones. En particular a Martha, Gabriel, Tony y Felipe, gracias por vuestro tiempo y dedicación en tareas relevantes para la investigación.



# TABLA DE CONTENIDOS

---

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. CONTEXTO Y MOTIVACIÓN	1
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3. ALCANCE DE LA TESIS	5
1.4. ESTRUCTURA DE LA TESIS	6
<b>2. ESTADO DEL ARTE</b>	<b>7</b>
2.1. CREATIVIDAD	9
2.1.1. ENFOQUES METODOLÓGICOS	9
2.1.2. DEFINICIÓN	14
2.1.3. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	17
2.2. COMPORTAMIENTO DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN EN LA WEB	21
2.2.1. CONTEXTO DEL COMPORTAMIENTO DE BÚSQUEDA	24
2.2.2. BARRERAS EN EL PROCESO DE BÚSQUEDA	36
2.2.3. MODELOS DEL COMPORTAMIENTO DE BÚSQUEDA	38
2.3. RESUMEN	40
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>43</b>
3.1. PROCESO CREATIVO	44
3.2. PROCESO DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	46
3.3. RESOLUCIÓN CREATIVA DE TAREAS DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	48
3.4. RESUMEN	53
<b>4. RESOLUCIÓN CREATIVA DE DESAFÍOS EN LA WEB</b>	<b>55</b>
4.1. MARCO PARA LA RESOLUCIÓN CREATIVA DE DESAFÍOS (MRCD)	55
4.2. PLATAFORMA TECNOLÓGICA: GONSA	58
4.2.1. ARQUITECTURA TECNOLÓGICA	59
4.2.2. INTERFAZ DE USUARIO	65
4.3. RESUMEN	70
<b>5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>71</b>
5.1. EVALUACIÓN AUTOMÁTICA DE LA CREATIVIDAD	73
5.1.1. MODELO: BOLSA DE ASOCIACIÓN DE PALABRAS	75
5.1.2. MODELO: CARACTERÍSTICAS CREATIVAS	76
5.2. EVALUACIÓN AUTOMÁTICA E IMPLÍCITA DE LA CALIDAD CREATIVA DE LAS SOLUCIONES	78
5.2.1. MODELO: DIVERSIDAD BASADA EN PUNTOS DE VISTA	82
5.2.2. MODELO: DIVERSIDAD BASADA EN WIKIPEDIA	85
5.2.3. MODELO: CARACTERÍSTICAS CREATIVAS	88

<b>5.3. EVALUACIÓN DEL SOPORTE CREATIVO DEL SISTEMA DE BÚSQUEDA</b>	<b>93</b>
5.3.1. VENTANA: ESFUERZO CREATIVO	96
5.3.2. VENTANA: RECOMENDACIÓN DE TÉRMINOS CREATIVOS	99
<b>5.4. RESUMEN</b>	<b>102</b>
<b><u>6. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN</u></b>	<b>105</b>
<b>6.1. EVALUACIÓN AUTOMÁTICA DE LA CREATIVIDAD</b>	<b>105</b>
<b>6.2. EVALUACIÓN AUTOMÁTICA DE LA CALIDAD CREATIVA DE LAS SOLUCIONES</b>	<b>107</b>
6.2.1. MODELO: DIVERSIDAD BASADA EN PUNTOS DE VISTA	108
6.2.2. MODELO: DIVERSIDAD BASADA EN WIKIPEDIA	110
6.2.3. MODELO: CARACTERÍSTICAS CREATIVAS	112
<b>6.3. EVALUACIÓN DEL SOPORTE CREATIVO DEL SISTEMA DE BÚSQUEDA</b>	<b>114</b>
6.3.1. VENTANA: ESFUERZO CREATIVO	115
6.3.2. VENTANA: RECOMENDACIÓN DE TÉRMINOS CREATIVOS	125
<b>6.4. RESUMEN</b>	<b>135</b>
<b><u>7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS</u></b>	<b>139</b>
<b>7.1. RESUMEN DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>139</b>
HITO 1. ESTABLECIMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.	139
HITO 2. REVISIÓN DEL ESTADO DE LA LITERATURA.	140
HITO 3. DEFINICIÓN DE UN MARCO CONCEPTUAL.	141
HITO 4. EVALUACIÓN AUTOMÁTICA DE LA CREATIVIDAD.	141
HITO 5. EVALUACIÓN AUTOMÁTICA E IMPLÍCITA DE SOLUCIONES.	142
HITO 6. SOPORTE CREATIVO A LA BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN.	143
<b>7.2. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>143</b>
<b>7.3. PUBLICACIONES</b>	<b>148</b>
<b>7.4. LÍNEAS FUTURAS</b>	<b>148</b>
EVALUACIÓN AUTOMÁTICA DE LA CREATIVIDAD.	148
EVALUACIÓN AUTOMÁTICA E IMPLÍCITA DE SOLUCIONES.	149
SOPORTE CREATIVO A LA BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN.	151
<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b>153</b>

## TABLA DE FIGURAS

---

Figura 1: Descripción del estado del arte (elaboración propia). -----	8
Figura 2: Conceptualización del proceso creativo basado en la propuesta de Amabile (T. Amabile, 1983) -----	45
Figura 3: Conceptualización del proceso de búsqueda de información basado en la propuesta de Kuhlthau (Kuhlthau, 1991).-----	47
Figura 4: Interrelación de los procesos creativo y de búsqueda de información (elaboración propia).-----	53
Figura 5: Arquitectura de Proceso (elaboración propia). -----	60
Figura 6: Arquitectura Funcional: Estudiante y Revisor (elaboración propia). -----	62
Figura 7: Arquitectura de Aplicación (elaboración propia). -----	62
Figura 8: Arquitectura de Información: Resolución de Desafíos (elaboración propia).-----	64
Figura 9: Arquitectura de Información: Usos Poco Comunes (elaboración propia).-----	65
Figura 10: Arquitectura Tecnológica (elaboración propia). -----	65
Figura 11: Interfaz de Desafíos Creativos (elaboración propia). -----	66
Figura 12: Interfaz de Búsqueda de Información: Resultados, Desafío (elaboración propia).-----	67
Figura 13: Interfaz de Elaboración de Solución: Solución, Desafío y Biblioteca (elaboración propia).-----	68
Figura 14: Interfaz de Revisión de Soluciones: Solución y Rúbrica (elaboración propia).-----	69
Figura 15: Interfaz de Revisión de Usos Poco Comunes: Usos y Rúbrica (elaboración propia).-----	69
Figura 16: Materiales y Métodos (elaboración propia). -----	72
Figura 17: Cálculo de la diversidad de las consultas basado en Wikipedia. --	87
Figura 18: Ventana: Esfuerzo creativo en páginas (arriba) y consultas (abajo).99	
Figura 19. Ventana: Recomendación de términos creativos. -----	102
Figura 20: Esfuerzo: Frecuencia de términos utilizados por ambos grupos.-	118
Figura 21: Recomendación: Frecuencia de términos utilizados por ambos grupos.-----	128



# 1. Introducción

---

## 1.1. Contexto y motivación

La creciente automatización de las tareas más rutinarias y el paulatino aumento de la cantidad de información disponible hacen de la resolución creativa de problemas una de las competencias más importantes en el siglo XXI (Mishra & Kereluik, 2011). En este contexto, creatividad y eficiencia se alinean para lograr una solución creativa y eficaz. Sin embargo, estudiantes buenos en matemáticas, ciencia o lengua no son necesariamente buenos resolviendo problemas creativos (OECD, 2014), por lo que ambas habilidades no siempre se presentan de forma conjunta. Afortunadamente, la creatividad no es una cualidad innata, sino que se puede trabajar. En este sentido, son abundantes los programas de entrenamiento de la creatividad que han demostrado su eficacia (Mansfield, Busse, & Krepelka, 1978; Scott, Leritz, & Mumford, 2004). Con una mayor comprensión del proceso creativo, de los procesos cognitivos que participan en su desarrollo y de los factores que influyen en su promoción, se han desarrollado programas destinados a promover la formación de esta habilidad desde las primeras etapas educativas (Treffinger et al., 2003).

La creatividad ha sido foco de estudio desde distintos campos, con el propósito de comprender los factores que la generan. Desde los inicios de los estudios, la creatividad se vincula con una forma específica de pensar (Guilford, 1950). También se han llevado a cabo intentos por establecer el proceso cognitivo durante la generación de ideas novedosas y valiosas, para aseverar que es factible desarrollar esta habilidad por medio de programas de entrenamiento. Siguiendo este propósito, se definieron los conceptos de pensamiento disociativo (Koestler, 1964), donde la creatividad surge por la conexión entre dos o más campos conceptuales distintos; el pensamiento lateral (De Bono, 1970), donde se describe el nacimiento de ideas nuevas a través del cruce de las pautas mentales; o la teoría asociativa (Mednick, 1962), donde la creatividad surge por medio de asociaciones mentales poco frecuentes.

De manera similar, existen otros acercamientos al proceso creativo y su conceptualización, basados en sistemas computacionales (Boden, 2004; Wiggins & Bhattacharya, 2014) o en el estudio del comportamiento de personas altamente creativas, tales como Einstein, Gandhi y Mozart (Gardner, 1993). En base a ellos, se han propuesto modelos conceptuales del proceso creativo que describen los componentes y fases que se suceden durante la resolución creativa de problemas, así como modelos

que consideran los factores sociales y los intrínsecos a la persona (Amabile, 1983).

Por consiguiente, la resolución creativa de problemas exige un activo proceso de búsqueda de alternativas, y por lo tanto de información, que permitan elaborar una solución novedosa y útil para enfrentar problemas complejos. Asimismo, se ha demostrado que las habilidades de asociación de conceptos son fundamentales en la generación de ideas creativas, ya que cuanto mayor cantidad, diversidad, originalidad y elaboración de asociaciones se realicen, mayor será la oportunidad de que surjan ideas creativas (Beaty, Silvia, Nusbaum, Jauk, & Benedek, 2014; Mednick, 1962; Torrance, 1974; Treffinger, Isaksen, & Dorval, 2003).

Se han desarrollado una serie de instrumentos de evaluación de la creatividad alcanzada por los individuos, pero principalmente para adultos, los cuales han demostrado una alta eficacia. Los instrumentos más relevantes se sustentan sobre la capacidad asociativa de los individuos y sus habilidades de generación de ideas creativas: la prueba de asociaciones remotas (Mednick, 1962), la prueba de Torrance (Torrance, 1966; Torrance & Goff, 1990), o tareas de asociaciones de palabras (Beaty et al., 2014; Benedek, Könen, & Neubauer, 2012). Desafortunadamente, la medición de la creatividad suele requerir extensos procedimientos donde la evaluación manual de expertos en creatividad tiene un peso significativo. Asimismo, esta medición se realiza de manera explícita por medio de actividades exclusivas para su evaluación—lo que tiende a predisponer a los individuos— y, por lo tanto, externas al proceso de aprendizaje.

En todos los modelos conceptuales propuestos para el proceso creativo se encuentra presente el intensivo proceso de búsqueda de alternativas o generación de ideas, que depende en un alto grado de las habilidades creativas de las personas, principalmente de sus habilidades asociativas y ejecutivas (Amabile, 1983; Treffinger et al., 2003). En esta línea, se han desarrollado modelos que buscan simular el proceso creativo a través de programas computacionales para generar artefactos creativos, tales como poemas o canciones, y modelar el proceso asociativo presente en la prueba de asociaciones remotas o en tareas de asociación de palabras (Gross, Toivonen, & Toivanen, 2012; Toivonen, Gross, & Toivanen, 2013; Velde, Wolf, Schmettow, & Nazareth, 2015). Aun cuando estos modelos se construyen a partir del comportamiento de usuarios frente a tareas creativas, su propósito es la generación de productos creativos por medio de ordenadores. Sin embargo, refuerzan la hipótesis de que el proceso asociativo es fundamental en la predicción de la capacidad creativa.

La búsqueda de información es también una habilidad crucial del siglo XXI (Mishra & Kereluik, 2011) y su desarrollo describe un comportamiento interactivo de los usuarios a través de la emisión de una cadena de consultas, que definen una cadena de asociaciones generadas a partir de la necesidad de información, y que construyen una estrategia de búsqueda que termina cuando se satisfacen ciertos criterios personales (Browne & Pitts, 2005; Wu & Kelly, 2014; Wu, Kelly, & Sud, 2014). Por consiguiente, la resolución de problemas de búsqueda de información se define como un proceso de construcción de conocimiento que se sustenta en la recuperación de información a través de la exploración (Kuhlthau, 1991; Kuhlthau, Heinström, & Todd, 2008). Este proceso de búsqueda se encuentra influenciado por la tarea de búsqueda, principalmente por su complejidad; por las habilidades de los usuarios, tal como el conocimiento del problema; por las funcionalidades del sistema de búsqueda; por las restricciones del ambiente de búsqueda; y por las características del producto de la búsqueda.

El comportamiento de búsqueda de información ha sido ampliamente estudiado con el propósito de comprender los factores que influyen en la efectividad y eficiencia de los usuarios. Desde la masificación de la web y el desarrollo de motores de búsqueda se han extendido los estudios destinados a comprender las estrategias de búsqueda de información que utilizan distintos tipos de usuarios (Bilal, Sarangthem, & Bachir, 2008; Browne & Pitts, 2005; Wu & Kelly, 2014; Wu, Kelly, Edwards, & Arguello, 2012), otros trabajos están orientados a determinar las dificultades o barreras que existen a la hora de enfrentar una tarea de información (Duarte Torres & Weber, 2011; Smith, 2006; Usta, Altingovde, & Vidinli, 2014; Wong & Ho, 2010), a establecer las herramientas que ayudan a los usuarios en su proceso (Capra, Arguello, Crescenzi, & Vardell, 2015; Habib et al., 2012; Kammerer & Gerjets, 2012) y, finalmente, a predecir el comportamiento de los usuarios por medio de la construcción de modelos basados en el análisis de los registros presentes en los sistemas de búsqueda (Arguello, 2014; Cen, Gan, & Bai, 2013; Eickhoff, Dekker, & de Vries, 2012; Liu, Liu, & Belkin, 2016). Por tanto, el comportamiento de búsqueda de información se ve influenciado por las habilidades asociativas, debido a la formulación de consultas; y por las habilidades ejecutivas, debido a la selección de la estrategia de búsqueda.

En consecuencia, el proceso creativo corresponde a la resolución de problemas complejos o heurísticos, donde existe una intensiva generación de alternativas por medio de asociaciones conceptuales poco tradicionales. Mientras que la resolución de problemas de información es un proceso interactivo basado en la elaboración de una cadena asociativa de consultas, basada en las características del problema y que define una estrategia de

búsqueda de información. Por lo tanto, y tomando como base el paralelismo entre ambos procesos en cuanto a las habilidades asociativas durante la resolución de problemas, en esta tesis se propone un marco de referencia para la resolución creativa de desafíos heurísticos basado en búsqueda de información y su relación con el proceso creativo. Este marco permite analizar el comportamiento de los usuarios a través de la captura y extracción de propiedades creativas.

Finalmente, esta tesis tiene el propósito de evaluar automática e implícitamente la calidad creativa de los estudiantes y contribuir a la mejora de la calidad de las soluciones elaboradas. Para ello se propone la construcción de varios modelos computacionales con el fin de 1) evaluar automáticamente la creatividad, 2) evaluar automática e implícitamente la calidad creativa de las soluciones y 3) soportar creativamente el proceso de búsqueda de información con indicadores acerca del comportamiento de los usuarios para mejorar la calidad de sus soluciones.

## 1.2. Objetivos de la investigación

El objetivo general de esta investigación es el siguiente:

[OG] «Evaluar automática e implícitamente la creatividad de los estudiantes a partir de su comportamiento de búsqueda de información para mejorar la calidad creativa de las soluciones elaboradas»

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos:

[OE1] «Evaluar la capacidad de predicción **automática** que tiene el comportamiento de los estudiantes en tareas de asociación libre de palabras en relación a su calidad creativa»

[OE2] «Evaluar la capacidad de predicción **automática** e **implícita** que tiene el comportamiento de búsqueda de información de los estudiantes durante la resolución de problemas complejos en relación la calidad creativa de sus soluciones»

[OE3] «Evaluar la influencia que tiene la incorporación de **soportes creativos** en la interfaz de búsqueda de información sobre la calidad creativa de las soluciones a problemas complejos elaboradas por estudiantes»

### 1.3. Alcance de la tesis

La tesis tiene el propósito de establecer las relaciones existentes entre el potencial creativo de los estudiantes con el comportamiento registrado durante la utilización de sistemas computacionales para la búsqueda de información en la web. De esta forma, la investigación desarrollada se estructura en tres hitos que buscan establecer el vínculo de: 1) las respuestas a tareas de asociación y el nivel de creatividad de los usuarios, 2) las acciones emprendidas por los usuarios en la búsqueda de información con el potencial creativo de las soluciones, y 3) la incorporación de información creativa del comportamiento de búsqueda de información y la calidad de las soluciones elaboradas.

Durante la revisión de los estudios acerca de los enfoques metodológicos y evaluación de la creatividad se reconocen varios estudios que proponen modelos computacionales para alcanzar una mayor comprensión de esta habilidad. No obstante, no existen estudios que vinculen el comportamiento durante la búsqueda de información de los usuarios con su capacidad creativa, ni modelos conceptuales que relacionen estos ámbitos de estudio. En consecuencia, la investigación se inicia con un enfoque exploratorio acerca de las variables que inciden en la aparición de la creatividad. Luego, se propone un enfoque correlacional sobre las capacidades de predicción automática de la calidad creativa que provee el comportamiento de los usuarios durante la resolución de tareas creativas, tales como la asociación de palabras y los usos poco comunes.

A continuación, la tesis desarrolla un enfoque exploratorio en torno a las tendencias del análisis del comportamiento de búsqueda de información y su relación conceptual con el proceso creativo. Para luego, seguir un enfoque correlacional acerca de la capacidad de predicción automática e implícita que proveen las estrategias de búsqueda de información y la calidad creativa de las soluciones elaboradas por los estudiantes a problemas complejos.

Por último, en la etapa final de la investigación, se establece un enfoque descriptivo y correlacional, que busca: 1) describir el comportamiento de búsqueda, el esfuerzo y las estrategias de los estudiantes y 2) establecer la influencia de la entrega de información creativa sobre los participantes y la calidad de sus soluciones, en ambos casos durante la resolución de problemas complejos.

## 1.4. Estructura de la tesis

En el capítulo 2 se presentan los principales estudios analizados durante la revisión de la literatura en relación a los enfoques metodológicos y a los instrumentos de evaluación de la creatividad, así como los enfoques metodológicos utilizados para alcanzar una mayor comprensión del proceso de búsqueda de información basado en el comportamiento de los usuarios. Se describe la influencia que tienen las habilidades asociativas, las estrategias de control y la motivación de los individuos sobre el éxito en ambos procesos, aun cuando no existe un marco conceptual que vincule el proceso creativo y el proceso de búsqueda de información.

En el capítulo 3 se presentan los modelos conceptuales que se han propuesto para describir el proceso creativo y el proceso de búsqueda de información, así como las variables que afectan a la eficiencia y eficacia de los individuos. Finalmente, en base a los estudios revisados, se describe la relación conceptual entre el comportamiento de los usuarios durante la elaboración de soluciones creativas y la búsqueda de información.

En el capítulo 4 se propone un marco conceptual entre las habilidades de asociación de palabras, que son altamente descriptivas del proceso creativo; y las habilidades de asociación de consultas, que se desprenden del proceso de búsqueda de información. Además, se presenta la implementación del marco de resolución creativa de desafíos en la web-MRCD- a través de la plataforma desarrollada dentro de esta tesis-GoNSA.

El capítulo 5 describe el diseño experimental para cada uno de los hitos de la tesis, es decir, se describen las hipótesis planteadas, los procedimientos experimentales, los participantes, los modelos de usuario desarrollados y los procedimientos de evaluación, según corresponda.

Los resultados alcanzados en cada una de las experimentaciones realizadas se presentan en el capítulo 6. Se describe la capacidad de predicción de la creatividad y de la calidad creativa de las soluciones que tiene el comportamiento de los usuarios, así como la influencia que tiene el soporte creativo a la búsqueda de información sobre las soluciones elaboradas.

Finalmente, en el capítulo 7 se exponen las principales conclusiones de esta tesis en relación a las hipótesis planteadas y se describen las líneas abiertas y los trabajos futuros que se desprenden de la investigación.

## 2. Estado del Arte

---

Esta tesis contribuye a la promoción de la creatividad por medio de una plataforma tecnológica basada en la resolución de problemas complejos que, a través de búsquedas de información en la web, es capaz de reconocer automática e implícitamente el comportamiento creativo de los usuarios. Por ello, se han estudiado los diversos enfoques metodológicos acerca de la creatividad que han permitido comprender mejor el proceso creativo, las diversas definiciones de la capacidad creativa y los instrumentos que permiten su evaluación. Por otra parte, la búsqueda de información es un proceso complejo e interactivo de construcción de conocimiento a través de la emisión de consultas relacionadas a una necesidad de información, que contribuye a la resolución de problemas, cuya eficiencia y efectividad depende de diversos factores, tanto personales como ambientales, y que puede ser caracterizado por medio de modelos computacionales.

La revisión de la literatura se ha centrado en estas dos áreas: creatividad y búsqueda de información. La primera de ellas, describe los principales enfoques metodológicos, las definiciones e instrumentos de evaluación de la creatividad, con el fin de reconocer las propiedades del proceso creativo, descubrir los factores relevantes que promueven la generación de ideas novedosas e identificar las debilidades de los procedimientos de evaluación; la segunda, caracteriza el comportamiento de búsqueda de información, las componentes que influyen sobre este, los patrones que lo regulan y las barreras que tienen los usuarios durante la búsqueda, con el propósito de evidenciar los vínculos con el proceso creativo por medio de la exploración de alternativas para la resolución de problemas complejos. En la Figura 1 se estructuran los distintos aspectos teóricos revisados durante el desarrollo de la tesis que contribuyen a la elaboración del marco teórico. En ella se pueden ver las dos grandes áreas analizadas, los aspectos en los que se ha centrado el análisis de los trabajos previos, así como sus limitaciones (-) o los aspectos que han contribuido al desarrollo de esta tesis (+).

El análisis del estado del arte permite concluir que hasta ahora no se han propuesto modelos conceptuales que vinculen estas habilidades clave del siglo XXI (Mishra & Kereluik, 2011). Por lo tanto, esta tesis propone un marco conceptual que establece la relación entre las habilidades asociativas que emergen durante la elaboración de soluciones creativas y el patrón de emisión de consultas durante la búsqueda de información a través de la resolución de problemas complejos.

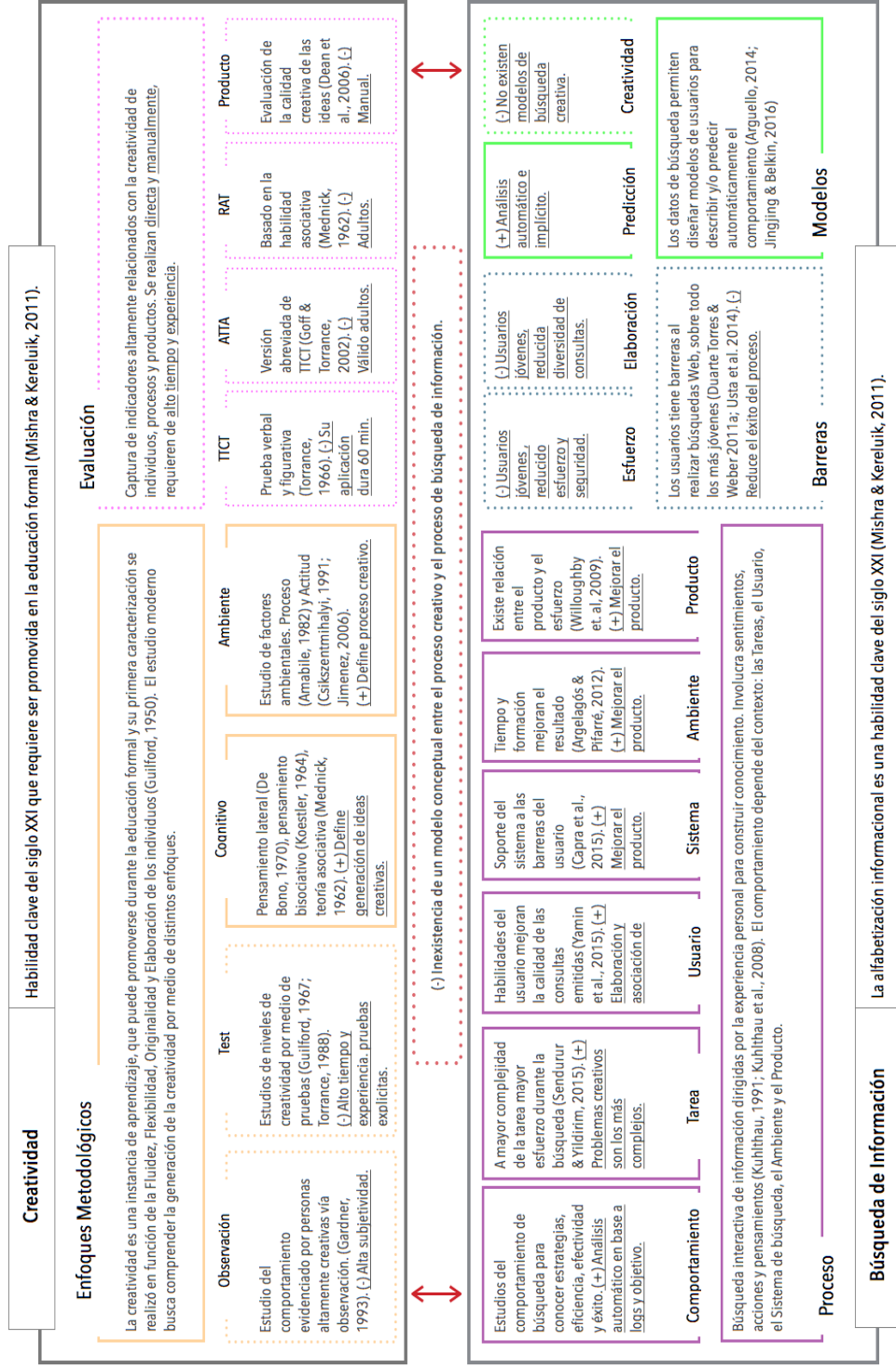


Figura 1: Descripción del estado del arte (elaboración propia).

## 2.1. Creatividad

La creatividad ha sido una habilidad crucial para los seres humanos en su proceso evolutivo; ha concentrado la atención de estudios realizados por diversos investigadores, desde la mirada de la psicología, la educación, las ciencias de la computación, entre otros; y, actualmente, es considerada una de las habilidades clave del siglo XXI (Mishra & Kereluik, 2011). Los estudios previos permiten una mayor comprensión del proceso creativo por medio de análisis elaborados desde diversas dimensiones, aportan modelos conceptuales y describen los diversos factores que inciden en su desarrollo. Además, estos trabajos han posibilitado la elaboración de instrumentos de evaluación de la capacidad creativa, con altos niveles de significancia pero con exigencias que complican su implementación, sobre todo cuando son aplicados a menores y jóvenes. Adicionalmente, parece no haber un consenso en cuanto a la definición integradora de creatividad, que abarque las distintas dimensiones que han sido estudiadas y unifique criterios a ser considerados en estudios posteriores.

A continuación, revisaremos una serie de estudios realizados sobre el proceso creativo en busca de las propiedades transversales que lo caracterizan (2.1.1.), para luego elaborar una definición de creatividad en función de las conceptualizaciones realizadas por la comunidad científica (2.1.2.) y, finalmente, analizar algunos instrumentos de evaluación de la capacidad creativa y las limitaciones que presentan (2.1.3.).

### 2.1.1. *Enfoques metodológicos*

Boden afirma que un primer acercamiento a la creatividad es la capacidad de producir algo de la nada (Boden, 2004). No obstante, este enfoque no aporta valor, pues nadie puede crear algo de la nada y, por lo tanto, la creatividad o la capacidad de crear sería una falacia. Asimismo, Boden menciona que incluso filósofos y teólogos de la antigüedad sustentaban que la creación a partir de la nada era imposible incluso para Dios. Lo anterior se debe a que el universo fue concebido por Dios a su imagen y semejanza y, por ello, existe algo a partir de lo cual se inicia la creación. Boden establece la existencia de dos miradas populares para la creatividad: inspiracional y romántica. La primera hace relación a un rasgo divino o sobrehumano que es provisto por un ser superior, mientras que el segundo se sustenta en que es un don que solo algunos genios tienen y, en consecuencia, no puede ser adquirido por aquellos que no han sido beneficiados con esta gracia.

No obstante, J. P. Guilford desarrolla una conferencia denominada “Creativity” (J. P. Guilford, 1950), donde se asocia el pensamiento

divergente con la creatividad. En los inicios del estudio moderno de la creatividad se enfatiza la necesidad de formar personas creativas y se cuestiona por qué no se está desarrollando, justificando que el alcance de las investigaciones en esta línea estaban aún en plena formación. Sin embargo, Guilford propone estudiar esta habilidad humana con el fin de promoverla en la educación formal, considerando que un acto creativo corresponde a una instancia de aprendizaje. Por lo tanto, se establece que es posible enseñar esta habilidad a cualquiera que tenga la disposición por adquirirla, es decir, no se limita solo a dioses o genios. De esta forma, Guilford propuso la caracterización de la creatividad por medio de la fluidez, la flexibilidad, la originalidad y la elaboración. Concretamente, la fluidez se encuentra asociada a la capacidad de generar soluciones o ideas en gran cantidad dentro de un periodo muy breve de tiempo. La flexibilidad se describe como la habilidad para generar una amplia variedad de soluciones dentro de un problema o desafío concreto. La originalidad se establece como la capacidad de elaborar ideas nuevas u originales. Por último, la elaboración es la habilidad de conceptualizar la idea de manera sistemática y llevarla a cabo. Estas características han sido consideradas como predictores de la creatividad por diversos autores (Benedek & Neubauer, 2013; J. Guilford, 1967; Mednick, 1962; Torrance, 1988), lo que permitió demostrar que era posible alcanzar una comprensión concreta de cómo se produce, reconocer los factores tanto personales como ambientales que inciden en ella, identificar aquellos resultados que son considerados productos creativos, establecer metodologías para su enseñanza y elaborar instrumentos que permitan su evaluación. Por lo tanto, comienza el desarrollo del conocimiento necesario para caracterizar, formar, promover y evaluar la creatividad a través de procedimientos manuales.

La observación fue uno de los enfoques metodológicos que permitió alcanzar la comprensión de la creatividad. Dichos estudios ponen el foco en el análisis del comportamiento de personas altamente creativas, principalmente, aquellas que han sido reconocidas por la sociedad como genios. Dentro de este selecto grupo de creativos se encuentran, entre otros, Mozart, Einstein y Gandhi. Estos estudios cualitativos buscaban establecer las características personales que tenían en común los genios estudiados y que, en consecuencia, contribuyen a la caracterización del comportamiento creativo. Estos trabajos han sido criticados debido a dificultades metodológicas y exigen mesura con los resultados obtenidos debido a la subjetividad (Jiménez, 2006). A pesar de ello, brindan una mirada general de las características esperables en personas con una actitud creativa y se contrastan con la visión tradicional de inteligencia. Un caso concreto visto desde un enfoque cognoscitivo es la propuesta de Gardner, quien establece el concepto de pensamiento divergente como la

base de la actitud creadora, en contraposición al pensamiento convergente, que ha sido el indicador de la inteligencia por excelencia. Así, las personas creativas tienden a brindar respuestas inesperadas o únicas pues realizan conexiones insólitas o viajan por caminos mentales alternativos durante el diseño de la solución (Gardner, 1993).

La aplicación de test fue otro enfoque metodológico utilizado para alcanzar una caracterización del comportamiento creativo, cuyo propósito era establecer un análisis con mayor nivel de objetividad que la observación y suponiendo que la creatividad se encuentra en cada una de las personas pero en diferentes niveles (J. Guilford, 1967; Torrance, 1988). En estas investigaciones se analiza la correlación entre los predictores de la creatividad y el comportamiento de las personas en estudio. No obstante, requieren de mucho tiempo y experiencia para su desarrollo, además que las pruebas son explícitas y han sido validadas, principalmente, en adultos.

El enfoque basado en los procesos cognitivos de percepción, razonamiento y memoria que gobiernan la mente de las personas creativas cuando se enfrentan a procesos de resolución de problemas habilitó la comprensión de la creatividad. En esta línea se encuentra el *pensamiento lateral* (Edward De Bono, 1970), basado en cruces de pautas mentales; el *pensamiento bisociativo* (Koestler, 1964), sustentado por la conexión entre bases de conocimiento que, aparentemente, no tienen ninguna relación; los *modelos computacionales* (Boden, 1998), donde se estudia la creatividad por medio de artefactos de inteligencia artificial con el fin de promover la emergencia de agentes creativos; y las *asociaciones creativas*, basadas en que la creatividad se alcanza por medio de la conexión de conceptos remotos entre sí.

El *pensamiento lateral* corresponde a cruzar pautas mentales verticales motivado por un estímulo externo capturado por medio de las percepciones. Estas pautas se desarrollan en nuestra mente a lo largo de la experiencia y sustentan nuestro pensamiento tradicional y lógico. De Bono (1970) establece una similitud con los sistemas de información auto-organizados, que van estableciendo pautas (patrones) basados en las experiencias; y la generación de saltos laterales, que cruzan las pautas a partir de percepciones independientes. El *pensamiento lateral* permite modificar las concepciones establecidas en nuestras mentes (pautas) y las percepciones que se tienen del mundo. Así, es posible entrenarlo para contribuir a una mayor generación de ideas «ilógicas» o nuevas.

De Bono establece el concepto de «burbuja lógica», que corresponde al conjunto de percepciones que hemos acumulado a lo largo de nuestras experiencias en el mundo y que no son necesariamente correctas, debido

a que nuestras pautas se sustentan en una visión sesgada del mundo. Al utilizar el pensamiento creativo como recurso para la resolución de problemas, la «burbuja lógica» influye en la definición del problema y en las conceptualizaciones alternativas del mismo (Edward De Bono, 1970). Por consiguiente, la eficiencia y efectividad de los individuos en la resolución de problemas depende de las percepciones adquiridas.

El concepto de *bisociación* propuesto por Koestler se fundamenta en que las personas conectan piezas de información que parecieran no tener relación alguna. El pensamiento creativo es un proceso mental que se aplica a las bases de conocimiento, descritas como matrices, que se han construido por medio de las experiencias personales durante su interacción con el entorno. En la mente existen varias matrices de pensamiento, las que se encargan de regular y organizar los conceptos asociados a un mismo ámbito. El pensamiento regular corresponde a la utilización de una sola matriz durante el proceso de resolución de problemas, se conectan conceptos de un mismo ámbito y no se contribuye a la generación de ideas nuevas. El *pensamiento bisociativo* corresponde a la activación de más de una matriz de pensamiento al mismo tiempo por medio de la conexión de conceptos que emergen de un evento, idea o situación. La solución o idea creativa surge como una composición basada en conceptos de las matrices de pensamiento activas (Koestler, 1964). Si bien cada persona construye sus matrices de pensamiento en base a la experiencia de interacción con su entorno, también existen conceptos que son transversales a todas las personas. Estos conceptos o teorías comunes entre los individuos corresponden a un cuerpo de conocimientos poco variable y son conocidos como teorías de los dominios. En consecuencia, existen dos cuerpos de conocimiento: uno global, compartido por todos los individuos (teorías del dominio); y otro local, basado en la estructura de percepciones de cada individuo (matrices de pensamiento). Es en el cuerpo local donde emergen los procesos creativos.

Las *asociaciones creativas* han sido la base para que Mednick propusiera que los individuos más creativos deben tener una jerarquía mental más plana que los individuos menos creativos para conectar conceptos remotos, ya que los conceptos se encontrarían en niveles más próximos entre sí dentro de la mente. Esta hipótesis fue evaluada sobre un desafío de asociación de palabras que dio origen a un procedimiento de análisis de las habilidades asociativas de las personas, denominado Prueba de Asociaciones Remotas (RAT, por sus siglas en inglés). La creatividad descrita por Mednick propone tres formas de alcanzar ideas creativas: 1) Serendipia, descubrir algo por casualidad dentro de la búsqueda por medio de la aparición de un elemento disparador; 2) Similitud, la generación de ideas que por definición se encuentran próximas a un elemento disparador;

o 3) Mediación, alcanzar la asociación por medio de un elemento común entre los conceptos asociados con el elemento disparador. En cualquier caso, la emergencia de ideas creativas necesita de un elemento estimulante que dirija la asociación de conceptos. Así, Mednick propuso que mientras mayor sea la cantidad de asociaciones a un problema, mayor probabilidad existe de alcanzar una solución de calidad en términos de creatividad (Mednick, 1962).

Además del estudio de los procesos cognitivos inherentes a los individuos, algunos autores se interesaron por los factores ambientales determinantes de la creatividad: personales y sociales. Estos trabajos pusieron el foco en la creatividad como un proceso sobre el cual influyen una serie de factores tanto inherentes al sujeto como externos a este (T. Amabile, 1983; T. M. Amabile, 1982; Mihaly Csikszentmihalyi, 1991; Simonton, 2000).

Desde esta perspectiva, el trabajo desarrollado por Amabile caracteriza los factores sociales y las habilidades específicas que influyen en el desarrollo de nuevas ideas por medio de un marco de trabajo compuesto por habilidades individuales, habilidades creativas y la motivación por la tarea. Primero, se describen las habilidades específicas del dominio, o individuales, mencionando que es imposible ser creativo en un contexto de no tener conocimiento del dominio o de no contar con las técnicas especializadas, e idealmente talentos particulares, que aporten valor al proceso. Luego, posteriormente menciona que frente a individuos con un similar conocimiento del dominio, es la capacidad creativa la que marcará la diferencia. Esta capacidad incluye los estilos cognitivos, el conocimiento en la generación de heurísticas y el estilo de trabajo constante. Concretamente, derivado del estilo cognitivo, se encuentran las capacidades de modificar las percepciones, explorar nuevos caminos cognitivos, mantener las respuestas abiertas tanto como sea posible, suspender el juicio, usar categorías amplias o de mayor abstracción, recordar de manera precisa y modificar las pautas de comportamiento. Y tercero, la motivación por la tarea considera que es necesario tener una actitud propositiva al desarrollo de la tarea y contar con las razones necesarias para emprenderla. Por lo tanto, Amabile estructura un modelo conceptual del proceso creativo, destacando la actitud de los sujetos, las habilidades más influyentes y la componente social que lo condiciona.

En una línea similar de análisis del contexto social del proceso creativo, se ha reforzado la idea de que un factor relevante en la generación de ideas creativas es la motivación de parte del individuo (Mihaly Csikszentmihalyi, 1991). Csikszentmihalyi considera que es fundamental poner atención a las cosas, ser curioso frente a lo que sucede frente a

nosotros y mantener una actitud propositiva hacia la búsqueda de conexiones en lo invisible. Esta propuesta se fundamenta en un estado mental de flujo («flow») en el cual las personas pierden la noción del tiempo, espacio y cuerpo, pues están enfocadas en aquello que les genera placer (M Csikszentmihalyi & Getzels, 1975). Sin embargo, y aun cuando existen habilidades generales relevantes en la creatividad, es necesario un trabajo fuerte en algunos campos disciplinares debido a las exigencias del mismo proceso creativo. Asimismo, Jiménez (2006) propone que para realizar los descubrimientos creativos que se desean es necesario estar prestos, entrenados y preparados para que pueda llegar en cualquier momento la idea que no esperamos, es decir, se requiere de una disposición activa hacia la creatividad (Jiménez, 2006).

Finalmente, la creatividad puede llegar por diversos medios, tal como mencionan Boden y Mednick, pero siempre se menciona la existencia de un elemento estimulador que promueve la generación de asociaciones de conceptos que resultan ser novedosas y cruzan caminos mentales construidos con la experiencia. La caracterización de la creatividad, analizada a través de los diferentes enfoques metodológicos, se alcanza a través de la observación del comportamiento, que depende de los observadores y es subjetiva; de la aplicación de un test, que exige tiempo y experiencia, además de ser pruebas explícitas que condicionan los resultados; del estudio de los procesos cognitivos, que exige el conocimiento de los procesos mentales; o de la observación del proceso de resolución creativa de problemas, que se encuentra presente en nuestra vida diaria. Por lo tanto, modelar la creatividad requiere de un elemento estimulante para dirigir las asociaciones, de un proceso que evidencie las acciones de las personas frente a problemas creativos y de la reducción de la subjetividad en el análisis del comportamiento. No obstante, es necesario establecer una definición de creatividad que integre las propiedades emergentes en los diversos enfoques estudiados.

### ***2.1.2. Definición***

Durante la revisión de los estudios sobre la creatividad y el contexto sobre el cual se genera, es posible apreciar componentes comunes entre todas las propuestas. No obstante, no se ha alcanzado una definición única en relación al concepto de creatividad. Existen diversos puntos de vista a través de los cuales es posible mirar esta habilidad inherente al ser humano; ya sea desde la mirada del producto creativo, del proceso necesario para alcanzar la creatividad o de las cualidades de los individuos creativos.

Teresa Amabile (1982) ha establecido dos propuestas complementarias sobre creatividad. Primero, desde la perspectiva del producto con un enfoque operacional: Un producto o respuesta es creativo en la medida que los observadores apropiados están de acuerdo con ello. Los observadores apropiados corresponden a quienes están familiarizados con el dominio en el cual el producto fue creado o la respuesta fue articulada. Así, la creatividad puede estar relacionada con la calidad de los productos o respuestas juzgadas como creativa por los observadores apropiados, y también puede vincularse al proceso a través del cual se ha producido (Amabile, 1982, p. 1001).

Mientras que la segunda propuesta se basa en una perspectiva de las propiedades requeridas por el resultado del proceso mental y las características inherentes de este proceso. Así surge la siguiente definición de carácter conceptual: Un producto o respuesta será juzgado como creativo en la medida que sea novedoso, apropiado, útil, valioso a la hora de dar respuesta a un problema dado y la tarea en cuestión sea heurística, más que algorítmica (Amabile, 1983, p. 360)

La distinción entre ambas conceptualizaciones radica en que la primera definición, de carácter operacional, establece un mecanismo general de evaluación de la respuesta o producto creativo. Dicha evaluación depende en gran medida del nivel de conocimiento del dominio que poseen los observadores que emiten el juicio creativo. Por otra parte, la definición conceptual establece ciertos rasgos que deben ser reconocidos por los observadores cuando desean determinar el nivel de creatividad del producto. En cualquier caso, Amabile define la creatividad como un proceso a través del cual se alcanza un producto, que es evaluado para determinar el nivel de creatividad del individuo.

Tal como se puede apreciar en estas definiciones, existe un alto grado de subjetividad en el proceso de evaluación de la calidad creativa en función de la respuesta al problema, ya que este depende de una valoración de observadores basada en criterios subjetivos que ellos definen personalmente en función de su experiencia. Se establecen propiedades esperables del resultado de dicho proceso, pero en la práctica no llevan a la definición de indicadores concretos de dichas propiedades. No obstante, la segunda definición propone la existencia de una tendencia a la creatividad durante la resolución de problemas de carácter heurístico en detrimento de aquellos algorítmicos, es decir, la creatividad emerge con mayor fuerza cuando el camino o las alternativas de solución no resultan completamente obvias o visibles al ojo de los individuos.

Por otra parte, se ha prestado atención directamente al proceso de elaboración de ideas novedosas, asumiendo que la creatividad es una propiedad que describe dicho proceso (Wiggins & Bhattacharya, 2014). En consecuencia, la creatividad puede ser transferida a otros individuos, máquinas, o incluso a productos, tal como propuso Guilford (J. P. Guilford, 1950). Así, la definición que soporta esta línea de pensamiento queda como sigue: (...) la creatividad resulta de un mecanismo cognitivo general de predicción adaptativa, que permite a los organismos manejar el mundo de manera más eficiente por medio de la predicción del futuro inmediato, basado en la experiencia más que simplemente reaccionar a eventos en el mundo (Wiggins & Bhattacharya, 2014, p. 3).

Es posible extraer de esta definición que la creatividad es una habilidad humana que ha permitido la evolución de la especie por medio de la adaptación y, por lo tanto, sustenta el hecho de que todas las personas tienen la capacidad de ser creativos. Se encuentra estrechamente ligada a la definición conceptual de Amabile, donde emerge la idea de la resolución de un problema heurístico, basado en la experiencia, para reaccionar a eventos del mundo hacia la predicción del futuro próximo. Aun así, es una descripción general que no caracteriza el proceso de formación de las ideas creativas ni tampoco brinda evidencia sobre cuáles son los criterios para evaluarla. Por lo tanto, en esta búsqueda de las características del proceso que regula la elaboración de respuestas creativas, el trabajo realizado por Edward De Bono (1994) propone la siguiente definición: (...) la creatividad puede definirse como una búsqueda de alternativas (...) (E De Bono & Castillo, 1994, p. 181).

Desde este punto de vista, la misión de un proceso creativo, o la creatividad, es identificar alternativas que son válidas para satisfacer algún problema o necesidad, pero no brinda indicios de dónde y cómo se obtienen esas alternativas, ni la calidad de las mismas. Sin embargo, este enfoque conecta los trabajos realizados por diversos autores, quienes analizaron procesos mentales que soportan la generación de ideas nuevas tales como el pensamiento divergente (J. P. Guilford, 1950), el pensamiento lateral (Edward De Bono, 1970), el pensamiento bisociativo (Koestler, 1964) y los tipos de creatividad (Boden, 2004). En cada uno de estos trabajos se establece que, por medio de elementos estimulantes o asociativos, los individuos alcanzan conexiones creativas en sus mentes.

Si bien existen distintas definiciones y acercamientos al estudio de la creatividad, es pertinente el análisis del enfoque y los recursos necesarios para alcanzar una mayor comprensión de la creatividad que propone Peter Medawar (2013): El análisis de la creatividad en todas sus formas está más allá de la competencia de cualquiera de las disciplinas admitidas. Requiere

un consorcio de talentos: psicólogos, biólogos, filósofos, informáticos, artistas y poetas, todos ellos tendrían algo que decir. Ese «la creatividad está más allá del análisis» es una ilusión romántica que debemos superar ya (Medawar, 2013, p. 46).

Por lo tanto, partiendo de la mirada integradora que brinda Medawar se ha constituido una definición de creatividad que guiará esta tesis y que nace desde la perspectiva del manejo de la información:

*"Es un proceso que permite la generación de ideas nuevas y valiosas, dentro de un ámbito de acción definido y para resolver un problema heurístico, por medio del descubrimiento de enlaces poco probables entre conceptos basado en las habilidades asociativas y que tiene lugar durante la búsqueda y selección de alternativas."*

En esta definición se congregan las propuestas establecidas por Koestler, Boden, De Bono, Gardner, Amabile, Mednick y Guilford, quienes han puesto atención tanto en el proceso cognitivo necesario para la elaboración de ideas con valor creativo como en los factores que influyen en el proceso de búsqueda de alternativas y los indicadores de la emergencia de la creatividad, que son utilizados en el diseño de instrumentos de evaluación de esta habilidad.

### ***2.1.3. Instrumentos de evaluación***

Los estudios realizados han proporcionado indicadores que dan cuenta de la aparición de la habilidad creativa y, por lo tanto, han sido utilizados durante el diseño y validación de instrumentos para la evaluación de la capacidad creativa. Primero, la habilidad asociativa de los individuos ha sido un indicador altamente utilizado como predictor de la creatividad (Benedek & Neubauer, 2013; Coney & Serna, 1995; Mednick, 1962). Y segundo, se han construido indicadores que caracterizan las respuestas creativas en función de los atributos enunciados por Guilford: fluidez, flexibilidad, originalidad y elaboración (T. M. Amabile, 1982; J. P. Guilford, 1950; Torrance, 1988). A continuación, se describen los principales instrumentos elaborados para determinar la capacidad creativa de los individuos, basados en indicadores creativos y en las habilidades asociativas.

El trabajo desarrollado por Mednick contribuyó con la definición del proceso de pensamiento creativo como la formación de elementos asociados por medio de nuevas combinaciones, donde dichas asociaciones satisfacen requerimientos específicos del problema o bien son útiles de

alguna manera para resolverlo. A partir de lo anterior, mientras más remotos sean los elementos asociados, más creativo será el proceso o la solución al problema. Con ese supuesto, Mednick propone una prueba basada en 30 grupos de tres palabras independientes entre sí y que tienen una cuarta palabra que actúa como asociación común pero remota. Por lo tanto, el propósito de la prueba es reconocer la palabra que conecta a las tres primeras palabras que son entregadas al sujeto. El proceso completo para todos los grupos de palabras se realiza en un tiempo de 30 a 40 minutos. Aun cuando esta prueba brinda indicios sobre de la capacidad creativa de los individuos, varios autores han realizado revisiones a su validez en relación a su fortaleza en la predicción del potencial creativo de las personas. Los trabajos de Benedek y Neubauer y de Coney y Serna han realizado una revisión del modelo de jerarquías mentales propuesto por Mednick, donde asume que los sujetos creativos tienen mayor capacidad asociativa debido a que cuentan con jerarquías mentales planas que le permiten acceder a conexiones remotas (Mednick, 1962). Sin embargo, en ambos estudios se refuta la propuesta de las jerarquías planas de Mednick, pero se valida la relación de la creatividad y la fluidez de asociación (Benedek & Neubauer, 2013; Coney & Serna, 1995).

Benedek y Neubauer realizaron un estudio del comportamiento de asociación de palabras de los individuos medido a través de un procedimiento de asociación continua de palabras libres. Dicha tarea consistía en solicitar a los individuos la mayor cantidad de palabras asociadas a palabras de estímulo entregadas de manera secuencial. En la experimentación se utilizaron seis palabras de estímulo, y los individuos disponían de 60 segundos para recuperar las palabras asociadas a cada una de las palabras estímulo. Este trabajo refutó la hipótesis de una pendiente más pronunciada en la jerarquía mental de los individuos no creativos propuesta por Mednick, sin embargo, demostró que los individuos creativos evidencian mayores niveles de fluidez asociativa de forma consistente a lo largo del tiempo. Así, se probó la hipótesis de Mednick sobre la fluidez de los individuos creativos (Benedek and Neubauer, 2013). Por lo tanto, la generación de ideas creativas se define sobre 1) la fluidez de asociación de conceptos, 2) al comportamiento en el acceso a los conceptos asociados y 3) al mayor nivel de rareza en las asociaciones.

Coney y Serna siguen un enfoque distinto de la teoría asociativa, basado en un nuevo procedimiento de «priming» asociativo, que proporciona indicios acerca del potencial creativo. Así, se realizó un experimento en el cual se presentaba una palabra «prime» y, a continuación, una segunda palabra «target» con distintos grados de asociación con la primera. El

propósito de cada individuo consistía en responder si la segunda palabra era realmente una palabra asociada o no. Después de aplicar este procedimiento a un grupo de estudiantes creativos y no creativos, se concluyó que no había relación entre las categorías de estudiantes y el nivel de asociación, contradiciendo la teoría de Mednick en relación a las jerarquías. No obstante, el grado de influencia del efecto «priming» fue mayor sobre el grupo de estudiantes no creativos, lo que supone la existencia de un mayor grado de conexiones entre conceptos por parte del grupo de estudiantes creativos que le permitían soslayar dicho efecto. Por ello, mientras más creativo sea el individuo, más asociaciones será capaz de realizar (Coney & Serna, 1995).

Las hipótesis propuestas por Mednick han sido revisadas con el propósito de determinar la validez del RAT como instrumento de predicción del potencial creativo. La hipótesis de las diferencias en la pendiente de las jerarquías de ambos grupos de individuos ha sido refutada por los dos trabajos analizados, así como por otros no incluidos en este estudio, por lo que no existen diferencias en la predisposición de los individuos en la generación de asociaciones. Sin embargo, se ha demostrado la existencia de diferencias significativas tanto en la fluidez como en la rareza de las asociaciones generadas por ambos grupos, lo que proveería indicios acerca del proceso de generación de ideas creativas. Asimismo, los individuos creativos tienden a ser menos propensos al efecto «priming», lo que también aportaría indicios sobre el proceso de generación de nuevas asociaciones y, por tanto, a la generación de ideas creativas.

En los trabajos realizados por Torrance se da origen a uno de los principales instrumentos de medición del potencial creativo: el Test de Pensamiento Creativo de Torrance (TTCT) creado en 1966 (Torrance, 1966) y actualizado en cinco oportunidades, la última en 2008. Este instrumento se compone de un test verbal y otro figurativo, cada uno de 30 minutos de aplicación, lo que ha llevado a buscar modificaciones para reducir, tanto su complejidad de aplicación como el tiempo y experiencia requeridos por parte de los revisores. Incluso se ha desarrollado una versión abreviada del TTCT para adultos, el ATTA (Goff and Torrance, 2002) que puede ser administrado en 15 minutos, pero hasta nuestro conocimiento no ha sido validado para su utilización con niños.

Las primeras versiones del TTCT (Torrance, 1966, 1974) se fundamentaban en las características del pensamiento divergente definidas por Guilford: Flexibilidad, o la cantidad de respuestas diferentes; Fluidez, o la cantidad de respuestas relevantes; Originalidad, o la cantidad de ideas inusuales; y Elaboración, o la cantidad de detalles incorporados en la

respuesta. Mientras que en la versión de 1984 se incluyeron nuevos indicadores predictores de la creatividad, más abstractos que los propuestos por Guilford (J. P. Guilford, 1950). Si bien el TTCT es un instrumento ampliamente utilizado en distintos escenarios y tiene un alto grado de predicción del potencial creativo, su implementación requiere de experiencia y dedicación por parte de los revisores, así como bastante tiempo para su administración (60 minutos).

Siguiendo el enfoque de evaluar el producto del proceso creativo, el trabajo realizado por Dean y Hender propone y valida una rúbrica para evaluar la calidad creativa de soluciones, ideas o alternativas. Este instrumento se compone de cuatro dimensiones: Novedad, Especificidad, Viabilidad y Relevancia; y cada una de ellas cuenta con dos sub-dimensiones a evaluar en cuatro niveles, excepto especificidad que, inicialmente, cuenta con tres sub-dimensiones que se evalúan en tres niveles. El instrumento propuesto fue utilizado para evaluar un conjunto de soluciones por parte de un par de revisores, se calculó la confiabilidad inter-revisor y se determinaron las sub-dimensiones que mejor explicaban la calidad creativa de las ideas. El instrumento brinda una alta confiabilidad entre los revisores, independiente de su nivel de experiencia en creatividad. También se determinó que la sub-dimensión claridad, dentro de especificidad, no aportaba valor en la determinación de la calidad creativa (Dean & Hender, 2006). Por lo tanto, la rúbrica propuesta por Dean y Hender permite la evaluación confiable de soluciones con altos niveles de abstracción, es decir, soluciones que describen las ideas creativas que compondrán la solución a implementar; y, en consecuencia, permite la evaluación de la calidad creativa de ideas de manera práctica y con una alta confiabilidad inter-revisor, incluso para revisores inexpertos.

Como hemos visto, varios autores han propuestos instrumentos para evaluar la creatividad. Desde aquellos que evalúan las habilidades asociativas a través de procedimientos de asociación de palabras, hasta la aplicación de pruebas y la revisión del producto creativo resultante. Sin embargo, estos procedimientos presentan diversas limitaciones: son difíciles de desarrollar, debido a que su sola aplicación toma bastante tiempo; la revisión de las respuestas requiere de experiencia en la medición de la creatividad; y se realizan de manera explícita, lo que predispone a los individuos ante la evaluación. Esto supone una carga de trabajo excesiva para los individuos, sobre todo si son niños o jóvenes. Sin embargo, los estudios realizados permiten afirmar que, por ejemplo, la habilidad de generar ideas (fluidez) va incrementando hasta tercero de primaria, manteniendo el nivel en cuarto y quinto, para luego decrecer continuamente. Además, la habilidad del pensamiento abstracto va creciendo a lo largo de la vida, mientras que la habilidad para generar

ideas inusuales crece hasta sexto de primaria, donde comienza a decrecer (K. Kim, 2011). Se aprecia también, que los procedimientos para medir las habilidades asociativas siguen un patrón general de asociación dirigido por un elemento estimulante que regula la emisión de cadenas de asociaciones conceptuales, y que se evalúan en función de las características creativas: fluidez, flexibilidad, originalidad y elaboración. Por todo ello, existe una clara oportunidad de desarrollar modelos computacionales que permitan predecir y mejorar el comportamiento de los usuarios automática e implícitamente, dentro del contexto de aprendizaje y destinado a estudiantes desde quinto de primaria hasta secundaria, que contribuyan a incentivar la generación de ideas realizables, únicas y valiosas.

## 2.2. Comportamiento de Búsqueda de Información en la web

La web ha crecido de manera explosiva, tanto en cantidad de usuarios como en la información publicada e indexada. Se estima que la cantidad de usuarios ha incrementado de 395.09 millones en el año 2000 a cerca de 2.270 millones en el año 2011, mientras que el tráfico mensual de información ha pasado de 84 PB a 27,483 PB en el mismo periodo de tiempo (Chrome, n.d.). La estimación del tamaño de la web, en términos de los índices que proveen los buscadores, corresponde a 4.13 billones de páginas para junio de 2016 (Bosch, Bogers, & Kunder, 2016; De Kunder, n.d.). Por lo tanto, la web se ha convertido en un inmenso repositorio de información elaborado de manera colaborativa, en constante movimiento y con un acceso incremental de usuarios en búsqueda de información a través de motores de búsqueda.

Los motores de búsqueda permiten recuperar información disponible en la web a través de la vinculación de los documentos o recursos electrónicos indexados con las consultas emitidas por los usuarios, según relevancia por medio de la construcción de un *ranking* (Page, Brin, Motwani, & Winograd, 1999). Sin embargo, la gran diversidad de páginas y la ambigüedad inherente de las consultas dificulta la tarea de satisfacer las necesidades de los usuarios, que suelen ser incomprensibles y, por tanto, complejizan la elaboración de consultas que la describan apropiadamente, sobre todo en menores y jóvenes (Foss & Druin, 2014). Por ello han surgido modelos de recomendación de consultas (Torres, Hiemstra, & Weber, 2012), de detección del propósito del usuario (Sadikov, Madhavan, Wang, & Halevy, 2010; Santos, Nguyen, & Zhao, 2003), entre otras funcionalidades que se incorporan en los motores de búsqueda y contribuyen a mejorar la experiencia de los usuarios.

La búsqueda de información es un proceso llevado a cabo por los usuarios, quienes dan respuesta, por medio de su propia experiencia, a sus vacíos de información, involucrando sentimientos, acciones y pensamientos. Es una experiencia interactiva de construcción de conocimiento mediante la selección de piezas de información relevantes y útiles, con el propósito de extender el conocimiento inicial que el usuario tiene acerca del tema o concepto sobre el cual busca. Kuhlthau (1991) indica que en el proceso intervienen variables del usuario del tipo cognitivas, físicas y afectivas. Las del tipo cognitivas han sido ampliamente analizadas en diversos estudios, las variables físicas tienen un menor análisis y las variables del tipo afectivas prácticamente no han sido estudiadas. La búsqueda efectiva de información es una de las competencias fundamentales de la nueva alfabetización digital, sin embargo, gran parte de los usuarios de motores de búsqueda web desconocen estrategias para acceder a la información relevante de manera eficiente (A Druin, Foss, Hatley, & Golub, 2009; Qureshi, Bokhari, Pirvani, & Dawani, 2015; Şendurur & Yildirim, 2015). Asimismo, un pobre desempeño en esta competencia reduce la eficiencia y efectividad del proceso de búsqueda, impactando en el estado de ánimo de los usuarios (Foo et al., 2014; Rosman, Mayer, & Krampen, 2015). Por lo tanto, las habilidades, los sentimientos y los conocimientos de los usuarios son variables que influyen directamente en las estrategias de búsqueda y el éxito del proceso.

Los primeros trabajos desarrollados acerca del comportamiento de los usuarios menores en el proceso de búsqueda de información en la web se orientaron a caracterizar las estrategias de los estudiantes K-12 en la resolución de distintos tipos de tareas de búsqueda de información, desde una perspectiva física, afectiva y cognitiva, y utilizando un motor de búsqueda diseñado para niños: Yahoooligans!. Si bien el motor de búsqueda contenía un directorio o taxonomía de temas que facilitaba la búsqueda de información, la mayoría de los estudiantes utilizaron palabras clave como estrategia de búsqueda (Bilal, 2000, 2001a, 2002a, 2002b). Por lo que se evidencia que la emisión de consultas asociadas a la necesidad de información es la principal estrategia, independiente del tipo de tarea.

Otros estudios analizaron el comportamiento desde una perspectiva cognitiva de los jóvenes, considerando como principal registro de estas acciones las consultas emitidas por los estudiantes y los términos utilizados. Estos se compararon con los términos aceptados por parte de un modelo de recomendación (Sihvonen & Vakkari, 2004), la cantidad de términos utilizados en cada consulta y de consultas emitidas en el proceso (Barsky & Bar-Ilan, 2005), así como el número de reformulaciones generadas por los estudiantes (Madjid, Stéphane, & Daniel, 2005). En el trabajo desarrollado por Lin y Tsai, el modelo del flujo de navegación

entregó información cognitiva de las consultas emitidas para describir las estrategias de los usuarios y su relación con el desempeño del proceso. Los estudiantes que utilizaron una estrategia de exploración, lograron una forma de revisión de los documentos más efectiva y eficiente. Este grupo de estudiantes presenta una mayor cantidad de consultas emitidas y una exploración más profunda en comparación con los estudiantes que tienen una estrategia de selección de documentos por exactitud. Por lo tanto, el estilo de exploración influye directamente en la eficiencia y eficacia de la búsqueda, aun cuando la muestra de estudiantes es pequeña (Lin & Tsai, 2007). Finalmente, se ha demostrado que el esfuerzo de los estudiantes K-12, en términos de acciones físicas, cognitivas y el tiempo utilizado en el proceso, tiene una relación inversa con el éxito de la búsqueda de información, mientras que la libertad de seleccionar la estrategia de búsqueda de información implica un mayor éxito en la búsqueda (Yin Zhang, Robins, Holmes, & Salaba, 2009). Estos estudios demuestran la relación positiva que tiene la mayor emisión de consultas con la exploración, el éxito del proceso de búsqueda y caracterizan las distintas estrategias utilizadas por los usuarios.

Se describieron las diferencias de comportamiento entre estudiantes clasificados con un rendimiento alto, medio y bajo, por medio de la utilización de un índice de rendimiento de búsqueda. El análisis muestra la existencia de una mayor efectividad de los estudiantes con alto rendimiento, que viene determinada por las estrategias de formulación de la consulta, la extracción de información relevante y el efectivo uso de términos clave (Zhou, 2013). Este estudio muestra que un indicador de desempeño puede estar relacionado con los resultados alcanzados durante la búsqueda y las estrategias emprendidas.

Se ha estudiado la actitud de los usuarios frente a la búsqueda de información y la decisión de compra de un producto, para determinar su relación con el comportamiento de búsqueda. Los estudiantes con un objetivo medioambiental emitieron más consultas y utilizaron más términos por consulta que el grupo de control. Durante la búsqueda, todos los estudiantes presentaron una actitud negativa, cercana a neutral, y los términos utilizados por el grupo medioambiental tuvieron una correlación negativa hacia páginas web comerciales. (Roscoe, Grebitus, O'Brian, Johnson, & Kula, 2016).

En cuanto al proceso de extracción de las acciones, los estudios iniciales sobre el comportamiento de búsqueda de información en la web centró su proceso en el análisis de vídeos, donde se capturan las acciones de los usuarios en el sistema de búsqueda y son transcritas por los investigadores (R. Kang & Fu, 2010; K.-S. Kim, 2008; Yin Zhang et al.,

2009). Con los años, el proceso de extracción se convirtió en un método mixto, es decir, por medio del análisis de vídeos y la captura de la acción desde los logs de los sistemas de búsqueda (Aula & Nordhausen, 2006; Egusa et al., 2010a). Actualmente, la mayoría de los estudios obtienen los datos sobre el comportamiento desde los logs de los sistemas de búsqueda, donde las acciones se registran de manera automática (Efthimiadis, 2009; Jingjing Liu et al., 2010; Willoughby, Anderson, Wood, Mueller, & Ross, 2009).

Se pueden resumir las conclusiones de los estudios previos sobre la búsqueda de información a través de las siguientes afirmaciones: depende de la emisión de una cadena de consultas asociadas a la necesidad de información, la cantidad y profundidad de las consultas influye en el éxito de la búsqueda; existen relaciones entre indicadores de rendimiento con la eficiencia y eficacia del proceso; y, finalmente, el producto de la búsqueda depende directamente relacionado con las estrategias, la actitud y la información seleccionada. Por lo tanto, es posible reconocer automática, objetiva e implícitamente patrones en el comportamiento de búsqueda de información que permitan modelarlo y discriminar categorías de usuarios.

### ***2.2.1. Contexto del comportamiento de búsqueda***

En base al estudio de trabajos previos, se puede determinar que el comportamiento de búsqueda se encuentra influenciado por diferentes componentes: 1) la Tarea de búsqueda, que establece las propiedades de la necesidad o problema de información; 2) el Usuario, quien posee características inherentes a su desarrollo personal; 3) el Sistema de búsqueda, que provee funcionalidades que contribuyen a mejorar la experiencia del usuario; 4) el Ambiente, que establece restricciones sobre el proceso de búsqueda; y 5) el Producto, que define el resultado esperado del proceso de búsqueda. Cada uno de estos componentes define el contexto sobre el cual se produce la búsqueda, impactan en el comportamiento de los usuarios durante la sesión de búsqueda, modifican la eficiencia y efectividad del proceso, y estructuran el diseño experimental de los estudios del comportamiento de búsqueda.

A continuación se describe la influencia de las componentes descritas en el proceso de búsqueda de información por medio de una serie de estudios experimentales centrados en el análisis del comportamiento de usuarios, específicamente en menores y jóvenes, durante la resolución de problemas de información, considerando las componentes del entorno que han sido evaluadas y las conclusiones derivadas de su estudio.

## *Las Tareas de Búsqueda Información*

Las Tareas de búsqueda estructuran la necesidad de información que debe ser resuelta por parte de los individuos que participan del proceso de búsqueda. Dirigen la exploración de la web, ya que delimitan el problema a resolver, e impactan directamente sobre el comportamiento de los usuarios. Las tareas se vuelven aún más relevantes durante el estudio del comportamiento de niños y jóvenes dentro de ambientes de aprendizaje, debido a las barreras que este grupo de individuos enfrenta en el momento de buscar información (A Druin et al., 2009). Además, las tareas de información pueden vincularse directamente con actividades de aprendizaje, ya que se pueden alinear los procesos cognitivos que emergen en el diseño de ambas estructuras conceptuales (Jansen, Booth, & Smith, 2009; Kuiper, Volman, & Terwel, 2005; Li & Belkin, 2008; W. Wu et al., 2012). Se han establecido diversas formas de categorizar las tareas de búsqueda en función de atributos como la complejidad (Campbell, 1988), la especificidad (R Capra, Marchionini, Oh, & Stutzman, 2007), el tipo de búsqueda (Marchionini, 2006), el propósito (Broder, 2002), las facetas (Li & Belkin, 2008) o por medio de taxonomías de aprendizaje (Jansen et al., 2009). A continuación se presentan distintos tipos de tareas que han sido utilizadas en estudios experimentales previos, así como algunas conclusiones acerca del impacto que han tenido sobre el comportamiento de búsqueda de niños y jóvenes.

Los primeros estudios del comportamiento en entornos web de los jóvenes tenían como propósito descubrir diferencias en su comportamiento. Para ello consideraron el estudio de tres tipos de tareas. Los estudiantes respondieron de forma correcta a aquellas tareas orientadas a un tema (tópico) en mayor porcentaje que cuando resolvían tareas factuales (hecho). Asimismo, estos trabajos describen diferencias cognitivas (ej. consultas) y físicas (ej. clics) en el comportamiento de los estudiantes, que también dependen del tipo de tarea que están resolviendo. Por ejemplo, los estudiantes más jóvenes hacían clic para volver atrás con mayor frecuencia, y se utilizaron más términos de consultas en tareas de tipo hecho y auto-generada (Bilal, 2001b, 2002a, 2002b). Si bien no era el foco de su estudio, la investigación de Sihvonen & Vakkari (2004) logran reportar algunas diferencias entre novatos y expertos en función de la cantidad de términos utilizados en tareas fáciles y difíciles, donde las primeras generan una mayor cantidad de términos por consulta. Esto último podría deberse a las barreras que tienen los estudiantes al elaborar consultas durante la búsqueda de información (A Druin et al., 2009).

En la mayoría de los estudios realizados se utilizaron tareas factuales para la experimentación. En tres de ellos se analizó la influencia del tipo de

tareas en estudiantes: 1) el estudio desarrollado por Kim determinó que los estudiantes presentaban más dificultades en la resolución de una tarea general (compleja) en comparación con la tarea específica (simple), lo que se acentúa en estudiantes que tienen bajo control de sus emociones (K.-S. Kim, 2008); 2) se determinó que los estudiantes se ven más afectados por el tipo de tareas que los sujetos graduados y con mayor experiencia (Egusa et al., 2010a); y 3) el tipo de tareas que deben resolver los estudiantes universitarios influyó en su comportamiento de búsqueda, lo que se refleja en que utilizan más tiempo y visitan más páginas web cuando el producto es un hecho, las consultas emitidas y las fuentes consultadas son significativamente mayores en tareas con alta complejidad, y las páginas visitadas, consultas emitidas y fuentes consultadas son mayores en tareas a nivel de documento (Jingjing Liu et al., 2010).

Trabajos posteriores incluyeron una mayor diversidad de tipos de tareas de búsqueda de información, y la mayoría de los diseños experimentales incluyeron tareas complejas y de investigación. El estudio desarrollado por Ding y Ma definió una evaluación de la competencia de búsqueda de información por medio de una prueba on-line, basada en la resolución de tareas de búsqueda con distintos niveles de complejidad, y se validó con el rendimiento académico de los estudiantes. Dicha validación mostró una correlación significativa con el nivel educacional de los estudiantes, mientras que el rendimiento que evidenciaron los participantes en las tareas difíciles se correlacionó positivamente con las puntuaciones en las tareas básicas y simples. Además, la mayoría de los estudiantes alcanzaron un alto nivel de resolución de tareas básicas o de menor complejidad, lo que refleja un bajo desempeño en la búsqueda (Ding & Ma, 2013). Por otra parte, se demostró que la dificultad de la tarea tuvo influencia en las estrategias de búsqueda de estudiantes K-12, donde se analizaron los movimientos de los ojos de los participantes, así como los tiempos y términos utilizados en las búsquedas. Se observó que: 1) el escaneo lineal es el menos eficiente debido a la baja precisión en los clics realizados, 2) los usuarios se vuelven más eficientes en los clics mientras más complejas son las tareas, 3) los tipos de escaneo utilizados fueron diferentes en cada una de las tareas y 4) se observa un alto acceso a Wikipedia como recurso de información (Şendurur & Yildirim, 2015).

Otros estudios analizaron sesiones de búsquedas más largas de lo habitual, 1-2 consultas, algunas funcionalidades de ayuda a las estrategias y la búsqueda utilizadas por los estudiantes. El estudio sobre sesiones de extensas, alrededor de 10 minutos y cerca de 5 consultas, involucró una mayor cantidad de consultas emitidas y resolución de tareas complejas, y determinó que: 1) existe una menor cantidad de términos en consultas emitidas en tareas de tipo factual, independientemente del tipo de objetivo

definido y 2) la mayor cantidad de consultas emitidas en promedio se produjo en la tarea de carácter intelectual, cuyo objetivo estaba poco definido, lo que se alinea con estudios previos. En este trabajo, las tareas complejas que debieron resolver los estudiantes dependían de dos dimensiones: el producto y el objetivo, y demostraron influir en las estrategias seguidas por los estudiantes (Jiang, He, & Allan, 2014). El estudio sobre la influencia de la utilización de la guía durante la búsqueda determinó que: 1) la guía se vuelve relevante cuando las tareas se tornan más complejas y 2) los apoyos en el proceso de búsqueda incorporados en la guía fueron más utilizados cuando las tareas estaban bien definidas (Robert Capra et al., 2015). Finalmente, el estudio llevado a cabo por Lee y Yoon sobre las diferentes estrategias de búsqueda utilizadas por los estudiantes durante la resolución de dos tipos de tareas –abierta y cerrada– determinó que: 1) el esfuerzo aplicado a la resolución de las tareas abiertas se refleja en la mayor cantidad de acciones, tiempo y términos de búsqueda por parte de los usuarios; 2) los estudiantes decidieron modificar sus estrategias con mayor frecuencia en las tareas abiertas, lo que implicó cambios en los intereses de búsqueda y en la regeneración de las consultas; y 3) el cambio de plan por parte de los usuarios en las tareas abiertas se genera con significativa diferencia después de la formulación de la consulta, mientras que en tareas cerradas se produce después de navegar por sitios o durante la evaluación de resultados (Lee & Yoon, 2014).

Por lo tanto, existe una gran diversidad de tipos de tareas de búsqueda de información utilizadas en los estudios del comportamiento de búsqueda, y estos han demostrado influir en el comportamiento de los usuarios, tanto a nivel cognitivo como físico. Durante los primeros años los estudios han incluido, en su mayoría, tareas del tipo factual, es decir, aquellas en la cual se busca un hecho concreto conocido con antelación. Este tipo de tareas ha demostrado producir un comportamiento eficiente por parte de los estudiantes, con un bajo esfuerzo en el proceso. Las tareas del tipo complejas y de investigación, mayormente incluidas en estudios recientes, han demostrado correlación con comportamientos menos eficientes, lo que implica un mayor esfuerzo por parte de los usuarios. Finalmente, las tareas definidas por medio de facetas permiten estudiar la influencia de cada una de las propiedades que definen las tareas sobre el comportamiento de búsqueda, sin embargo, solo un grupo reducido de estudios diseñó este tipo de tareas.

### *El Usuario*

El Usuario influye en el comportamiento de búsqueda por medio de sus características inherentes, tanto sus habilidades cognitivas o sus

conocimientos previos como sus percepciones y sentimientos. A continuación, se presentan las características de los usuarios que han sido evaluadas en estudios previos y se describen los principales efectos que tienen sobre el comportamiento de búsqueda.

En los trabajos realizados por Bilal, el conocimiento del dominio y del tema de las tareas presentadas a los estudiantes no demostraron influir significativamente en el éxito de la búsqueda (Bilal, 2000, 2001a, 2002a, 2002b). El comportamiento de adultos resultó ser más exitoso y con un mayor uso de estrategias de navegación a través del motor de búsqueda que los estudiantes K-12. Esto evidencia un mayor éxito y eficiencia por parte de usuarios con más experiencia (Bilal & Kirby, 2001, 2002). Por lo tanto, los usuarios con similar conocimiento o experiencia tienen un comportamiento parecido, independiente del tipo de tarea.

Un mayor conocimiento previo del dominio en universitarios demostró generar una mayor eficiencia en la búsqueda (Hembrooke, Granka, Gay, & Liddy, 2005). También se demostró la influencia positiva de esta variable sobre la calidad de los ensayos elaborados. No obstante, si bien el comportamiento de búsqueda presenta diferencias entre estudiantes con diferentes niveles de conocimiento del dominio, no se correlaciona significativamente con la calidad del ensayo (Willoughby et al., 2009). Asimismo, la confianza observada por los estudiantes en su conocimiento previo sobre el dominio se traduce en la menor aceptación de términos clave recomendados durante la generación de consultas (R. Kang & Fu, 2010). En resumen, el conocimiento del dominio influye positivamente en la búsqueda de información, en las estrategias seleccionadas por parte de estudiantes universitarios y en las recomendaciones del sistema.

Los estudiantes universitarios con un estilo cognitivo dependiente del campo tienden a ser menos eficientes en la utilización del tiempo de selección de información relevante, aunque este se reduce si tienen experiencia en la búsqueda web (Palmquist & Kim, 2000). Los estudiantes K-12 con un estilo impulsivo no tienen una preferencia establecida por una estrategia de búsqueda, y los dependientes del campo son menos eficientes (H. Kim, Yun, & Kim, 2004). Por su parte, los estudiantes con estilo visual mostraron una mayor variación de su comportamiento inicial con respecto a los verbales; los estudiantes verbales tendieron a buscar desde lo específico a lo general, mientras que los visuales de manera inversa; y los usuarios visuales tomaron más tiempo y visitan menos nodos durante la resolución de la tarea (Hariri, Asadi, & Mansourian, 2014). Otra investigación demostró que: 1) los estudiantes de secundaria tienden a ser más eficientes en la búsqueda y a emitir consultas más cortas que los estudiantes de primaria y 2) los estilos cognitivos no demostraron tener

influencia significativa sobre el comportamiento de los usuarios (D. Wu & Cai, 2016). Un trabajo similar dio cuenta de una mayor eficiencia por parte de los estudiantes K-12 intuitivos sobre los sensoriales, aun cuando no es una diferencia significativa (E. Y. Kang, Ko, Kim, & Song, 2005). Por lo tanto, en la mayoría de los estudios revisados existe una relación directa entre los estilos cognitivos y el comportamiento de búsqueda, tanto en las estrategias como en el esfuerzo invertido en el proceso.

Estudiantes familiarizados con la tarea analizaron durante más tiempo los resultados y el contenido de los sitios visitados, lo que implicaría un mayor esfuerzo en el proceso (Jingjing Liu, Liu, & Belkin, 2013). Por su parte otro estudio determinó que la amplitud y profundidad de las consultas está influenciada por el nivel de conocimiento, y que la comprensión del tópico de la tarea tiene una incidencia negativa sobre la amplitud de las consultas, sin embargo, es positiva sobre la profundidad de las consultas (Yamin, Ramayah, & Ishak, 2013). En la misma línea, por medio del análisis de las consultas se determinó que su amplitud no cumple un rol mediador entre el conocimiento del tema y la satisfacción de la búsqueda, mientras que su profundidad es completamente mediadora entre ambas variables (Yamin, Ramayah, & Ishak, 2015). Asimismo, el nivel de conocimiento del dominio ha sido evaluado en grupos de adultos y jóvenes a través de la utilización de dos tareas cercanas en conocimiento a cada uno de estos grupos. Se demostró que los adultos tienden a invertir mayor tiempo en el análisis de los resultados de búsqueda y las tareas difíciles tienden a requerir mayor esfuerzo en ambos grupos de usuarios (Karanam et al., 2015). Finalmente, otro trabajo demostró un mayor acceso a sitios especializados en contenidos médicos por parte de estudiantes con mayor nivel de familiaridad, y la transición de acciones más probable de este grupo fue pasar de una nueva consulta a examinar los resultados debido a la confianza que demuestran en sus decisiones. Esto se confirma por la mayor cantidad de consultas nuevas utilizadas por este grupo, en relación a la mayor modificación de consultas por parte de los usuarios con menor familiaridad (Puspitasari, Moriyama, Fukui, & Numao, 2015). Por lo tanto, se evidencia la existencia de una positiva influencia de la familiaridad con la tarea sobre el comportamiento de búsqueda, considerando distintos tipos de tareas de información y una amplia diversidad de participantes. Asimismo, los usuarios siguen patrones de emisión de consultas que podrían ser reconocibles y dependen tanto de su familiaridad con la tarea como su complejidad.

La eficiencia en la búsqueda de información y el patrón de emisión de consultas se encuentra claramente influenciada por la experiencia de los usuarios con la tecnología. Esto se ha demostrado en estudios como los de Aula y Nordhausen (2006), quienes concluyeron que la velocidad para

completar tareas abiertas incrementa con los años de experiencia en el uso de la web y de los sistemas de búsqueda, mientras que la velocidad de formulación de consultas y la cantidad de términos utilizados en cada consulta tienen un efecto significativo sobre el rendimiento del usuario. La mayor experiencia de los usuarios muestra una menor profundidad de navegación (link depth) durante la búsqueda de información en tareas de planificación (Egusa et al., 2010a). Finalmente, se aprecian diferencias en la cantidad de consultas emitidas, en la estrategia de búsqueda, en tiempos y sitios revisados por estudiantes con mayor experiencia en búsquedas frente a tareas de mayor dificultad (Efthimiadis, 2009).

La percepción que los estudiantes tienen sobre la arquitectura de la web fue analizada por medio de la construcción de modelos mentales, que fueron clasificados en cuatro vistas: Técnica, Funcional, Procedural y Conectiva. No se encontraron diferencias significativas, aun cuando los usuarios con una vista conectiva emitieron la mayor cantidad de consultas y utilizaron una mayor cantidad de términos (Yan Zhang, 2008). Un estudio similar analizó la influencia de la percepción de los estudiantes K-12 sobre la arquitectura de la web en el desempeño de la búsqueda. Aun cuando no se identificaron diferencias significativas, se apreciaron sesiones más largas y una mayor cantidad de páginas visitadas cuando la visión fue técnica y cuanto mayor era la edad de los participantes (Dinet & Kitajima, 2011). En consecuencia, no existe una clara relación entre la percepción de la arquitectura de la web y el comportamiento de búsqueda.

Las habilidades del vocabulario y flexibilidad cognitiva se analizaron en dos grupos de usuarios: jóvenes, con amplia flexibilidad cognitiva, y adultos, con amplio vocabulario. Los adultos presentaron dificultades en el proceso de búsqueda de información en tareas complejas, debido a la recuperación de un menor número de palabras claves en la reformulación de consultas. Las habilidades del vocabulario no tuvieron significancia en el desempeño de la búsqueda, de manera que no emerge como una habilidad que compense una menor flexibilidad cognitiva (Dommes, Chevalier, & Lia, 2011). Las diferencias de edad frente a la resolución de tareas de complejidad creciente evidencian que los usuarios mayores tienden a alcanzar un menor nivel de precisión en sus respuestas y de eficiencia en la utilización y modificación de estrategias de búsqueda. Los usuarios jóvenes formulan mayor cantidad de consultas y de términos que los adultos, mientras que ambos grupos pasaron de utilizar más tiempo en el motor de búsqueda durante las tareas fáciles a pasar más tiempo revisando las páginas web durante las tareas complejas (Chevalier, Dommes, & Marquié, 2015).

Las barreras cognitivas y físicas reducen la eficiencia de la búsqueda, pero pueden ser apoyadas por funcionalidades de los sistemas. Smith concluyó que la efectividad y eficiencia de búsqueda se ve mermada por la sordera al resolver una tarea de tipo factual, ya que la mayoría de los estudiantes no alcanzan la solución, utilizan estrategias de búsqueda básicas, tienen sesiones cortas y visitan un reducido número de sitios (Smith, 2006). De forma similar, Berget y Sandnes dieron cuenta de que los estudiantes con dislexia presentan barreras en la formulación de consultas, se fijan significativamente más en la pantalla y en las sugerencias de autocompletado, mientras que cometen una mayor cantidad de errores. En estos casos, la ayuda proporcionada por la función de autocompletado del sistema compensa las dificultades en la formulación de consultas de este grupo de estudiantes (Berget & Sandnes, 2015).

El control de las emociones durante el proceso de resolución de problemas ha demostrado influir significativamente en las acciones emprendidas por estudiantes y se correlaciona positivamente con los tipos de tareas de búsqueda (K.-S. Kim, 2008). De manera similar, un estudio demostró que la sorpresa es la expresión emocional más común, que algunas acciones mejoran el estado emocional y que la felicidad coincide con un mayor tiempo de búsqueda (Lopatovska, 2014). Por otra parte, la diferencia de género no demostró variaciones significativas en la eficacia de la búsqueda, mientras que el comportamiento de búsqueda presentó un mayor esfuerzo por parte de los hombres (Zhou, 2014).

La revisión de la literatura pone de manifiesto que el estudio de las características de los usuarios se concentró, primero, en la influencia del nivel de conocimiento del dominio, o la familiaridad con el tópico de la tarea, sobre el comportamiento de los estudiantes. La mayoría de los estudios demostraron una influencia positiva sobre la efectividad y eficiencia de la búsqueda de información. No obstante, se utilizaron variados métodos para determinar los niveles de conocimiento de los estudiantes, estos, en su mayoría, dependían de la percepción de los propios participantes o de la relación entre el área de especialidad de los estudiantes y el tópico de la tarea. Segundo, los estilos cognitivos de los estudiantes influyen positivamente en la efectividad de la búsqueda de información. Tercero, la experiencia previa en la utilización de sistemas de búsqueda de información ha demostrado influir positivamente en los estudiantes, principalmente, cuando el nivel de conocimiento previo es reducido. Asimismo, la baja experiencia en la utilización eficiente de los sistemas de búsqueda ha sido apoyada positivamente con sesiones de capacitación o con herramientas propias del sistema. Y finalmente, el comportamiento de los usuarios puede ser reconocido en función del

patrón de emisión de consultas, que dependen de sus conocimientos previos, de su familiaridad con la tarea o de su rendimiento académico.

### *El Sistema de Búsqueda*

Los Sistemas de búsqueda de información proveen de funcionalidades que permiten elaborar distintas estrategias de búsqueda y, por lo tanto, modifican el comportamiento de los usuarios durante el proceso de recuperación de información. Dichas funcionalidades varían desde herramientas de asistencia a la búsqueda (Robert Capra et al., 2015), como el autocompletado de consultas (Berget & Sandnes, 2015), hasta estrategias de visualización de los resultados obtenidos con cada consulta (Kammerer & Gerjets, 2012). A continuación se presentan las principales conclusiones del efecto de las funcionalidades sobre el proceso de búsqueda de información.

Un modelo de recomendación de términos que puedan ser utilizados por los usuarios durante la formulación de consultas demostró una mejora en la efectividad de la búsqueda por parte de los participantes. También se observó que los usuarios novatos fueron más susceptibles de aceptar las recomendaciones que aquellos participantes con mayor experiencia (Sihvonen & Vakkari, 2004).

Una ventana con información acerca del desempeño de la búsqueda que están experimentando los usuarios durante el proceso de selección de términos para las consultas, ha demostrado influir sobre los usuarios. Se descubrieron mejoras en la efectividad debido a decisiones correctas en la selección de estrategias de búsqueda de información (Hembrooke et al., 2005).

Una caja de búsqueda y una taxonomía jerárquica dentro del sistema de búsqueda influenciaron tanto el éxito como las estrategias de los estudiantes en la búsqueda de información. Así, se descubrió que los estudiantes tienden a utilizar una única estrategia de búsqueda cuando son libres de seleccionarla y no han experimentado recientemente una estrategia distinta. Mientras que después de haber experimentado otra estrategia, tienden a combinarlas para mejorar su rendimiento. Por lo tanto, los estudiantes tienden a mejorar su rendimiento con la combinación de estrategias, pero es necesario incentivar su experimentación previa (Yin Zhang et al., 2009).

Una estrategia de visualización de los resultados de la búsqueda, relacionada con las creencias epistémicas sobre la estructura y funcionamiento de la web, modificó el comportamiento de los usuarios y

sus estrategias. Se analizaron dos esquemas: el primero presentaba los resultados en forma de lista ponderada por relevancia, tal como lo hace Google, mientras que el segundo lo hacía de manera tabular para separar los resultados en objetivos, subjetivos y comerciales. Por medio del análisis del movimiento de los ojos de los estudiantes se describió el foco sobre los resultados de búsqueda, los que indicaron que: 1) el tiempo de fijación de los ojos sobre los resultados de tipo comercial fue menor en la interfaz tabular, 2) los resultados objetivos tuvieron la mayor atención por parte de los usuarios en la interfaz tabular, y 3) las creencias epistémicas sobre la web reducían el efecto de la interfaz (Kammerer & Gerjets, 2012). Por lo tanto, la visualización tabular de los resultados de búsqueda tiene una influencia positiva en la efectividad, eficiencia y, posiblemente, en la disposición positiva a continuar con la búsqueda.

Una guía que brinda soporte al proceso de búsqueda fue utilizada para facilitar la resolución de cuatro tareas de información. Los resultados mostraron que: 1) la utilización de la guía se vuelve más relevante cuando las tareas se tornan más complejas, y 2) los caminos de búsqueda presentes en la guía fueron más utilizados cuando las tareas estaban bien definidas. Por lo tanto, esta herramienta brinda un positivo soporte para superar las barreras del proceso de búsqueda que pueden afectar a los usuarios más jóvenes, y que emergen a medida que crece la complejidad de las tareas (Robert Capra et al., 2015).

Estudiantes K-12 evaluaron un complemento que permite formular preguntas durante el proceso crítico de búsqueda de información. Dicho complemento se podía incorporar a la interfaz de manera obligatoria u opcional. El nivel académico de los estudiantes y el uso opcional del complemento tuvieron efecto significativo sobre el número de páginas web utilizadas, mientras que la inclusión obligatoria del complemento produce diferencias significativamente positivas en la cantidad de navegación y de clics realizados. Este estudio indica que la curiosidad e iniciativa durante la búsqueda se incrementa con la incorporación del complemento de manera obligatoria (Sun, Ye, & Hsieh, 2014). Por lo tanto, el complemento es un elemento motivador de la curiosidad y de la exploración de los usuarios.

Existe gran diversidad en los sistemas de búsqueda utilizados en los estudios del comportamiento de búsqueda de información, desde los más especializados hasta los más generales, e incluso se ha dado libertad a los usuarios para seleccionar el sistema de su preferencia. Dentro de los sistemas especializados se encuentran: Yahoooligans!, creado para niños; ERIC, una base de datos; SchoolRooms, un motor de búsqueda de recursos educativos; y Delicious, un sistema de información social. En cuanto a los

de uso general, los estudios consideraron buscadores regionales como Exalead, un motor de búsqueda francés; y Simmani, un motor de búsqueda coreano; así como sistemas más generales similares a Google. La mayoría de los estudios establecieron como sistema el motor de búsqueda Google o similares, lo que se relaciona con la popularidad de este sistema a nivel internacional. Los estudios, en su mayoría, han establecido como restricción el uso de un sistema de búsqueda de información particular durante el diseño experimental. No obstante, existe varios estudios que dan libertad a los usuarios para utilizar el sistema que sea de su preferencia, o que realice la búsqueda en función de su estrategia personal. No se ha observado ningún estudio que establezca explícitamente diferencias entre estas dos alternativas: uso predeterminado de un sistema y libre selección.

Para finalizar, se puede afirmar que las funcionalidades de los sistemas de búsqueda influyen positivamente en la eficiencia y estrategias que experimentan los usuarios durante el proceso, pero no se han establecido relaciones entre dichas funcionalidades y el resultado de la búsqueda de información.

### *El Producto de búsqueda*

El Producto, o resultado esperado del proceso de búsqueda de información, forma parte del contexto, en tanto que define la complejidad del proceso de recuperación de información, las estrategias a utilizar, así como los criterios para detener el proceso y el esfuerzo que se ha de invertir en la búsqueda. Generalmente se considera como producto respuestas concretas y bien definidas por parte de los usuarios a los requerimientos definidos en las tareas, tales como fechas, hechos, personas o instituciones. Sin embargo, se han considerado otros productos más complejos en cuanto a los esfuerzos cognitivos requeridos para su elaboración, tales como soluciones a problemas abiertos (Olivares-Rodríguez & Guenaga, 2015), evaluaciones personales (Kammerer & Gerjets, 2012) o ensayos (Willoughby et al., 2009).

El principal producto del proceso de búsqueda solicitado a los estudiantes fue un hecho concreto frente a un requerimiento bien definido, lo que se relaciona con el mayor uso de tareas del tipo factual. No obstante, un ensayo como resultado de la búsqueda de información se analizó en relación a su calidad, al comportamiento de búsqueda y al conocimiento del dominio que tenían los usuarios. Este trabajo determinó que existe una relación positiva entre la calidad de los ensayos con el conocimiento previo y la estrategia de búsqueda de información (Willoughby et al., 2009). Asimismo, se analizaron soluciones a problemas abiertos en función de su

calidad creativa y del comportamiento de búsqueda de información de estudiantes K-12. Este estudio demostró que es factible predecir la calidad creativa de la solución por medio de un modelo del patrón de emisión de consulta de los usuarios (Olivares-Rodríguez & Guenaga, 2015). De forma similar, la relevancia de los resultados de búsqueda se analizó en función de la percepción de la web y de dos visualizaciones de los resultados. El estudio determinó que un esquema tabular para mostrar los resultados tiende a incrementar la evaluación de resultados objetivos en detrimento de los subjetivos y comerciales (Kammerer & Gerjets, 2012). También se analizó como producto la decisión de compra de los usuarios después de un proceso de búsqueda de información. Este estudio sugiere una influencia positiva de la búsqueda de información sobre la decisión tomada por los participantes (Roscoe et al., 2016).

### *El Ambiente de búsqueda*

El Ambiente en el cual se desarrollan las tareas de búsqueda de información establece restricciones de orden temporal, cognitivo o procedimental. Así, es posible imponer restricciones temporales a los usuarios durante la resolución de las tareas de información (E. Y. Kang et al., 2005; R. Kang & Fu, 2010), definir diferencias de capacitación en habilidades de resolución de problemas entre los usuarios (Argelagós & Pifarré, 2012) o evaluar diferencias en las habilidades de utilización o experiencia sobre el uso del sistema de búsqueda de información (Kroustallaki, Kokkinaki, Sideridis, & Simos, 2015), todas ellas afectan el comportamiento de los usuarios.

La incorporación de una sesión en la que se proporcionan instrucciones de búsqueda de información en la web, antes de resolver la tarea, influye positivamente en los estudiantes. Lo demuestra el hecho de que el grupo experimental comenzó a realizar mejores consultas. Asimismo, los estudiantes tienden a ser más eficientes cuando se les brindan indicaciones clave sobre el proceso de búsqueda, sobre todo cuando el conocimiento del dominio es bajo (Barsky & Bar-Ilan, 2005). Argelagós y Pifarré analizaron la introducción de una sesión de capacitación en resolución de problemas de información con el fin de evaluar la influencia que esta tenía sobre el rendimiento en la búsqueda de información. Con la definición de un pre-test, un pos-test y un grupo de control que no recibió la capacitación, se evidenció que en el pre-test no hubo diferencia en el comportamiento entre ambos grupos, mientras que en el post-test se demuestra un mayor tiempo para la definición del problema y la búsqueda de información por parte del grupo de control. A partir de lo anterior, la sesión de capacitación sobre resolución de problemas de información mostró una mejora en la eficiencia de los estudiantes (Argelagós & Pifarré,

2012). Finalmente, se estudió la influencia de un entrenamiento a corto plazo sobre habilidades de búsqueda de información, considerando un grupo de control que no recibió la intervención, en relación al comportamiento de búsqueda. En línea con estudios anteriores, la intervención tiene un efecto positivo sobre la formulación de consultas, la selección de información y la credibilidad, por lo que la búsqueda se hace más eficiente (Kroustallaki et al., 2015).

El tiempo es una de las restricciones más generalizadas en los estudios realizados sobre el comportamiento de búsqueda, estableciendo un periodo fijo para la resolución de las tareas. Dicha restricción de tiempo fluctúa entre 60 minutos para la resolución de nueve tareas, hasta 30 minutos para una tarea. No obstante, en ninguno de los estudios se analiza la influencia de dicha restricción temporal sobre el comportamiento de búsqueda de información ni sobre la calidad de los resultados.

### ***2.2.2. Barreras en el proceso de búsqueda***

Existe evidencia acerca de las dificultades de iniciar y terminar la búsqueda por parte de los usuarios, en términos de la cantidad de consultas y términos utilizados, así como del bajo esfuerzo que invierten en la búsqueda de información, principalmente en jóvenes, debido a las barreras propias de su desarrollo (Duarte Torres & Weber, 2011a; Usta et al., 2014). Los estudios del comportamiento de los usuarios han analizado las características de las consultas, de las páginas web revisadas, las sesiones de búsqueda, las acciones emprendidas o el éxito de la búsqueda. Sin embargo, no se han realizado avances significativos respecto a los criterios de parada de los usuarios, aun cuando entregan valiosa información del esfuerzo implicado en el proceso de búsqueda de información y de las barreras de los usuarios.

Los estudios que abordan los criterios de parada del proceso de búsqueda han definido reglas basadas en la teoría de la decisión, economía o en modelos de satisfacción de los usuarios. Cooper estableció una regla basada en la teoría de la utilidad, en la que los usuarios detenían la búsqueda cuando el esfuerzo de la nueva búsqueda tiene menores beneficios que la nueva información encontrada (Cooper, 1976). Kraft and Lee propusieron tres reglas basadas en la satisfacción de los usuarios con la relevancia de la información recopilada: Saciación, Disgusto o Mixta (Kraft & Lee, 1979). Por su parte, Nickles y sus colegas desarrollaron cuatro categorías de reglas de parada basadas en el proceso de decisiones en contextos de incertidumbre: Lista mental, que debe ser satisfecha; Umbral de magnitud, que define la cantidad de información que debe ser; Umbral de diferencia, que define la diferencia de conocimiento que debe

ser satisfecha; y Estabilidad de la representación, que define la representación o esquema mental que debe ser satisfecho (Nickles, Curley, & Benson, 1995). Finalmente, a esta lista de reglas se incorporó una categoría denominada Criterio único, que define un criterio personal que deberá ser resuelto para detener la búsqueda (Browne & Pitts, 2005). Por lo tanto, estos criterios de parada de carácter subjetivo han permitido el avance hacia la estandarización de los estudios de usuarios en esta línea, tal como se observa a continuación.

Los primeros estudios de usuario asociados a los criterios de parada del proceso de búsqueda se basaban en la aplicación de cuestionarios que permitían inferir ciertas reglas. Zach estudió el esfuerzo y los criterios utilizados por un grupo de artistas profesionales durante su trabajo diario. Entre los resultados destacados se encuentra que los administradores utilizan como criterios la utilidad de la información y la sensación de satisfacción con los resultados. Además, determinaron que el nivel de esfuerzo empleado en la búsqueda depende, principalmente, de factores externos y de la experiencia de los usuarios (Zach, 2005). Browne y sus colegas estudiaron las preferencias de un grupo de estudiantes de MBA por cada una de las cinco categorías de reglas de parada antes mencionadas. Los resultados demostraron que tanto la lista mental como los criterios únicos de los usuarios eran las principales reglas utilizadas para detener la búsqueda (Browne & Pitts, 2005). En un trabajo similar, Browne y sus colegas buscaban validar las conclusiones obtenidas anteriormente. Los estudiantes demostraron una preferencia significativa por reglas basadas en la lista mental y criterios únicos frente a tareas descomponibles, mientras que había una preferencia significativa por reglas basadas en el umbral de diferencia y estabilidad de la representación (Browne, Pitts, & Wetherbe, 2007). Wu and Kelly descubrieron que la decisión de parar la búsqueda está altamente influenciada por la relevancia de los resultados presentados en la primera página de resultado del buscador (SERP), la calidad de los términos que son capaces de utilizar, la capacidad de generar nuevos términos para las consultas y la evaluación personal del esfuerzo necesario para resolver la tarea de búsqueda, claramente ligado a la complejidad de la misma (W. Wu & Kelly, 2014).

Toms and Freund desarrollaron un trabajo preliminar sobre los logs de sesiones de búsqueda de información e identificaron las acciones y transiciones que preferentemente eran utilizadas al final del proceso de búsqueda de información. Las sesiones terminaban, principalmente, con las transiciones de i) consulta-ver resultados-ver página y ii) ver páginas de resultados más allá del primer SERP. En cuanto a las acciones, las más

utilizadas en los cierres de las sesiones de búsqueda estaban asociadas a seleccionar páginas como favoritas y ver páginas (Toms & Freund, 2009).

Maxwell y sus colegas estudiaron la relación entre los criterios de parada y el desempeño de la búsqueda de información. Establecieron seis reglas de parada basadas en la satisfacción, el disgusto, las diferencias y la utilidad. Descubrieron que la preferencia por reglas asociadas al disgusto de los usuarios con los resultados producían mayores niveles de desempeño en la búsqueda (Maxwell, Azzopardi, & Järvelin, 2015). De manera similar, Wu y sus colegas analizaron el impacto que tiene la percepción del valor de los resultados por parte de los usuarios en la decisión de abandonar la búsqueda de información. Los resultados mostraron que frente a SERP con resultados más relevantes, los usuarios continuaban el proceso, mientras que frente a los SERP con la misma cantidad de resultados relevantes y no relevantes, los usuarios abandonaban con mayor probabilidad la búsqueda. Asimismo, un alto nivel de percepción de valor sobre los resultados influye significativamente en el comportamiento de búsqueda (W. Wu et al., 2014).

En consecuencia, el comportamiento de los usuarios durante la formulación de consultas y los criterios de cierre de la búsqueda de información depende, principalmente, de la utilidad y relevancia de los resultados presentados por el sistema de búsqueda y de las habilidades de los usuarios.

### ***2.2.3. Modelos del comportamiento de búsqueda***

El comportamiento de búsqueda de información se describe por las consultas emitidas, los términos utilizados, las modificaciones de las consultas, los sitios web revisados y los tiempos del proceso. Se ha visto también que las componentes del contexto de búsqueda (tarea, usuario, sistema, ambiente y producto) influyen en el patrón de búsqueda evidenciado por los usuarios. Por otro lado, la madurez de la tecnología de captura y extracción automática de grandes cantidades de datos desde los registros de los sistemas de búsqueda, han contribuido al surgimiento de modelos de usuario. Por lo que la incorporación de modelos de aprendizaje automático al estudio del comportamiento de búsqueda han permitido generar soluciones tecnológicas que predicen o clasifican a los usuarios en función de propiedades dentro del contexto de búsqueda. A modo de ejemplo, es posible nombrar el éxito del producto y el rol que tendrá el usuario (Eickhoff et al., 2012), el comportamiento del Proceso (Cen et al., 2013), la dificultad de la Tarea (Arguello, 2014) o el nivel de conocimiento del dominio del Usuario (Jingjing Liu, Liu, & Belkin, 2016). A continuación se presenta una serie de estudios que utilizan el comportamiento de

búsqueda de información para predecir o describir automáticamente distintas propiedades del contexto de búsqueda.

Para predecir automáticamente el éxito que tendrán los usuarios en el proceso de búsqueda de información, se construyó un conjunto de datos con el comportamiento de búsqueda y la clasificación manual del éxito alcanzado por los estudiantes. Para la predicción del rol se asoció el patrón de búsqueda con la clasificación manual en base a varias categorías propuestas por Druin et al. (Allison Druin, Foss, Hutchinson, Golub, & Hatley, 2010). En otro trabajo, la información sobre el comportamiento de estudiantes K-12 se extrajo a partir de la resolución de tres tipos de tareas: factual, abierta y multi-paso. Se recopilaron datos independientes de la tarea, como los demográficos; dependientes directamente de la tarea, como clics y consultas emitidas; e inferidas de la tarea, como la distancia a la tarea y el número de sustantivos utilizados en las consultas. Esta información fue utilizada para entrenar modelos de aprendizaje automático que permitieran clasificar las etiquetas asignadas a los usuarios, lo que se logró con alta precisión: 76% para el rol y 77% para el éxito. En ambos casos se utilizaron máquinas de vectores soporte (Eickhoff et al., 2012). Por lo tanto, el comportamiento de búsqueda demostró ser un predictor del éxito de la búsqueda y del rol de los estudiantes.

El modelado del comportamiento de los usuarios contribuye a comprender cómo llevan a cabo las búsqueda y cuáles son las diferencias existentes entre sí. Así, un estudio logró predecir y describir automáticamente el comportamiento de usuarios que no han participado del estudio. Para ello, se utilizaron varios modelos de aprendizaje por refuerzo para construir modelos a partir del comportamiento de dos grupos de usuarios, novatos y expertos, quienes resolvieron diez tareas de búsqueda de información. Los modelos seleccionados fueron aquellos que mejor explicaban el comportamiento de los usuarios, lo que se traduce en un intento por construir un modelo automático. Las principales conclusiones fueron que los usuarios novatos seguían un modelo Markoviano, que dependía fuertemente de la retroalimentación, mientras que los usuarios experimentados exploran toda su base de conocimiento empírico previo, es decir, dependen de su experiencia completa (Cen et al., 2013). Esto refuerza el hecho de que el patrón de búsqueda de los usuarios puede ser modelado automáticamente y permite discriminar entre varias categorías de estudiantes.

La dificultad de la tarea es una característica percibida por los usuarios e influye en su comportamiento de búsqueda, por lo que se propuso un modelo de predicción automática construido a partir de una gran cantidad de sesiones de búsqueda de información y, como etiqueta de las sesiones,

el nivel de dificultad percibido por los usuarios. De los datos de las sesiones se extrajeron características cognitivas y físicas asociadas a las consultas: los clics, los favoritos, el mouse, los tiempos, el interés de los usuarios y el conocimiento previo. La predicción se realizó con datos del primer intento de búsqueda y de la sesión completa, donde la segunda entregó mejores resultados, ya que el comportamiento quedaba mejor definido. En relación a las características más significativas para la predicción, tanto el tiempo como los sitios favoritos contribuyeron en mayor medida al rendimiento en la sesión completa y al primer intento, respectivamente (Arguello, 2014). Este trabajo demuestra que el patrón de búsqueda permite la discriminación automática de distintos niveles de dificultad de las tareas.

Finalmente, para la predicción del nivel de conocimiento del dominio de los usuarios se recopiló el comportamiento de la resolución de cuatro tareas de información, rotadas en función de cuatro facetas: producto, nivel, objetivo y complejidad. Cada comportamiento fue asociado a las etiquetas del nivel de conocimiento de cada usuario, que se obtuvo por medio de un cuestionario aplicado a los participantes. Los datos extraídos acerca del comportamiento de búsqueda describen a los usuarios a nivel cognitivo y también actitudinal. La predicción se realizó utilizando una regresión logística y considerando la combinación de características de tres etapas en el proceso: inicial, medio y final. Los resultados muestran un rendimiento suficiente (65.37%) en una etapa temprana del proceso, con resultados equivalentes a la utilización de información temprana y final del proceso (65.15%) para el mismo propósito. Las características con mayor influencia en la predicción fueron el tiempo sobre el primer SERP y el primer documento revisado, así como la longitud de la primera consulta (Jingjing Liu et al., 2016).

En consecuencia, el patrón de búsqueda de información que evidencian los estudiantes durante la resolución de tareas de búsqueda de información ha permitido discriminar implícita y automáticamente distintas facetas del proceso de búsqueda o características personales de los usuarios.

### **2.3. Resumen**

La creatividad es un proceso que puede ser entrenado y se basa, en gran medida, en una serie de asociaciones de conceptos distantes entre sí que permiten elaborar conexiones novedosas y útiles, dirigidas por la resolución de problemas, principalmente, aquellos de carácter heurístico. Existen diversos procedimientos que determinan la calidad creativa de los individuos y se sustentan tanto en las habilidades asociativas como en el pensamiento divergente. La aplicación directa de estos instrumentos de

evaluación se realiza de manera explícita y debido a su extensión requiere bastante tiempo y experiencia por parte de los revisores, y a la fecha solo han sido validados en adultos.

Por otro lado, la búsqueda de información es un proceso interactivo dirigido por una necesidad de información, que actúa como elemento estimulador para la selección de términos, la (re)formulación de consultas y la selección de resultados. La resolución de problemas complejos o heurísticos se soporta en la búsqueda de información en la web, que define un comportamiento basado en el patrón de asociación de consultas y documentos. El éxito y las estrategias de cada usuario en la búsqueda depende de varios factores, tales como la complejidad de la tarea, los conocimientos y habilidades de los usuarios, las funcionalidades de los sistemas de búsqueda, entre otras. Además, el comportamiento de búsqueda de los usuarios permite discriminar y predecir variables del contexto, tales como el rol de los usuarios o la dificultad de la tarea.

Por consiguiente, durante la resolución de problemas heurísticos por medio de búsqueda de información en la web se elaboran asociaciones de consultas dirigidas por una necesidad de información, de manera similar a las esperadas en los procedimientos de evaluación de la creatividad donde se asocian conceptos dirigidos por un elemento estimulante. Por lo tanto, existe la oportunidad de promover la creatividad por medio del desarrollo de una plataforma tecnológica que permita reconocer automática e implícitamente el comportamiento creativo de tal manera que sea posible intervenir automáticamente el proceso de búsqueda.



### 3. Marco Teórico

---

La creatividad y la búsqueda de información en la web son consideradas habilidades del siglo XXI (Mishra & Kereluik, 2011) que se relacionan mutuamente, tanto por la necesidad de alcanzar nuevas soluciones por medio del descubrimiento de información relevante, como por la necesidad de establecer estrategias creativas de búsqueda que permitan recuperar información novedosa, principalmente frente a problemas complejos. En lo relativo a la creatividad, existen programas de entrenamiento, procedimientos de evaluación y modelos de la creatividad, mientras que en lo referente a la búsqueda de información, existen estudios que describen los factores que influyen sobre el comportamiento de búsqueda y modelos que lo caracterizan. No obstante, aun cuando se aprecia una clara conexión entre ambos procesos, no se ha definido hasta ahora una relación explícita entre ellos. Para el establecimiento de nuestro marco conceptual retomaremos la definición de creatividad construida en esta tesis a partir de los estudios previos.

*"Es un proceso que permite la generación de ideas nuevas y valiosas, dentro de un ámbito de acción definido y para resolver un problema heurístico, por medio del descubrimiento de enlaces poco probables entre conceptos basado en las habilidades asociativas y que tiene lugar durante la búsqueda y selección de alternativas."*

Esta definición establece la búsqueda de la creatividad como un camino dirigido por la necesidad de resolver un desafío abierto, complejo y de orden general. En este camino, se hace imprescindible la generación de asociaciones poco comunes, que permitan alcanzar información novedosa y útil para el diseño de alternativas; así como el control de las acciones emprendidas que permitan la selección de las alternativas. Así, se infiere la oportunidad de describir la calidad creativa de los usuarios en función de sus habilidades asociativas, con el propósito de soportar y mejorar el comportamiento creativo. Para ello, es posible analizar e intervenir directamente la búsqueda de información, ya que se encuentra estrechamente relacionada con el proceso creativo en: 1) la exploración, 2) las asociaciones, 3) las estrategias, 4) el conocimiento del dominio y 5) la motivación intrínseca de los individuos.

A continuación se presentan los modelos que describen 1) el proceso creativo y 2) la búsqueda de información para, luego, 3) establecer la integración de ambos modelos en un marco de resolución creativa de tareas de información por medio de las habilidades creativas.

### 3.1. Proceso Creativo

Amabile propuso un modelo del proceso creativo basado en la descripción del comportamiento de los individuos para la resolución de problemas heurísticos. La relevancia de este modelo radica en que vincula el desarrollo del proceso creativo con las características personales, las habilidades cognitivas y el entorno social de los individuos. Asimismo, establece que la evidencia de este comportamiento creativo corresponde a un producto con propiedades que lo convierten en creativo, es decir, novedoso y con valor para un entorno concreto. La propuesta se fundamenta en que los individuos tienen diferentes grados de creatividad e, independiente de este, es posible incrementarlo por medio de mecanismos que contribuyan a potenciar las habilidades creativas (Stein, 2014; Treffinger et al., 2003). Además, se asume que cada individuo presenta distintos grados de creatividad en diferentes ámbitos, lo que depende de la afinidad que el individuo tenga con el dominio en el cual se intenta ser creativo. Por lo que el conocimiento previo de los individuos influye directamente en la calidad creativa alcanzada (T. Amabile, 1983).

Por otra parte, el modelo parte de una serie de observaciones. Primero, se establece la existencia de una correlación entre los individuos y el dominio en el cual son creativos. Segundo, si bien la formación de habilidades cognitivas dentro de un dominio particular del conocimiento es importante en el proceso creativo, no logran ser suficientes por si mismas en la generación de productos creativos. Y tercero, las habilidades innatas resultan valiosas en la obtención de productos creativos pero se requiere de la educación y cultivo de esos talentos (Feldman, 1994). Desde las características personales, se han identificado correlaciones entre ciertos rasgos de la personalidad y el grado de creatividad de los individuos (Stein, 2014), no obstante son insuficientes en la predicción de la creatividad debido a que una persona no es creativa en todos los momentos y dominios. A partir de esas premisas, el proceso creativo corresponde a una integración holística del fenómeno, estableciendo cinco fases secuenciales de producción creativa. En la Figura 2 se presenta el esquema del proceso creativo: 1) Representación de la tarea, 2) Preparación, 3) Generación de la respuesta, 4) Validación de la respuesta y 5) Producto; y su relación con las habilidades de los individuos: 1) Motivación por la tarea, 2) Habilidades del dominio y 3) Habilidades creativas.

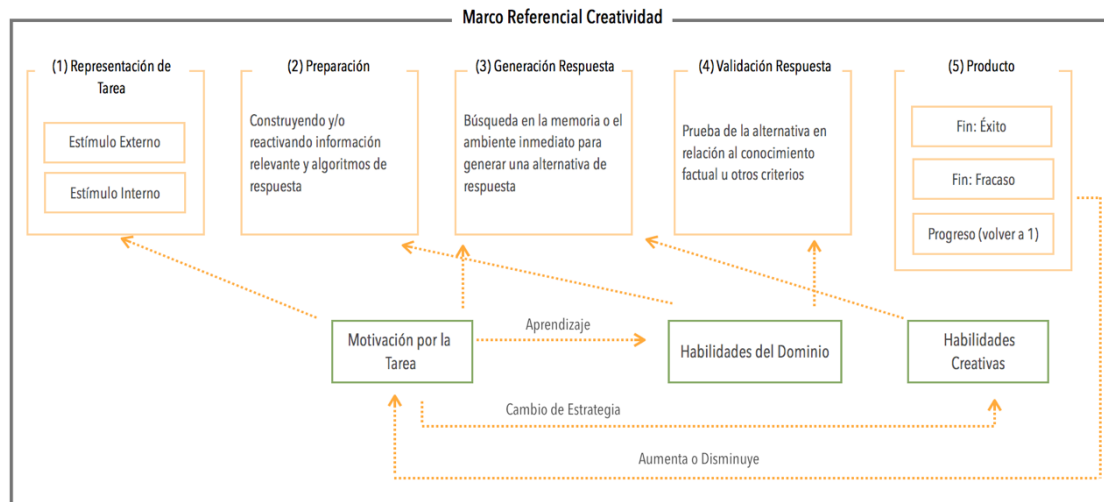


Figura 2: Conceptualización del proceso creativo basado en la propuesta de Amabile (T. Amabile, 1983)

Estas fases se ven influenciadas, en mayor o menor medida, por tres componentes esenciales de los individuos: 1) habilidades del dominio, 2) habilidades creativas y 3) motivación por la tarea. Concretamente, las habilidades del dominio y creativas corresponden a las capacidades cognitivas para resolver el problema dentro del dominio, y están asociadas a las habilidades cognitivas que permiten diversificar el pensamiento, incluyendo la generación de heurísticas.

La motivación por la tarea es una componente relevante debido a que influye no solo en las fases del proceso creativo sino también en las otras dos componentes de cada individuo. En el caso de que las habilidades del dominio sean una barrera porque no son suficientes para establecer caminos para resolver el problema establecido, el individuo requiere de una alta motivación para adquirir las reglas del dominio necesarias para continuar con el proceso creativo. Concretamente, la motivación intrínseca se convierte en el factor diferencial entre lo que una persona puede hacer y lo que realmente realiza. Es decir, tanto las habilidades del dominio como las creativas definen lo que un individuo puede realizar, mientras que la incorporación de la motivación intrínseca sustenta lo que una persona definitivamente realiza. Por otra parte, se ha identificado que la motivación externa provoca una disminución en la capacidad creativa y, además, que existe una relación inversa con la motivación intrínseca hacia la realización de una tarea (T. Amabile, 1983).

Especial distinción tiene el impacto sobre la motivación de los individuos la retroalimentación obtenida a partir del resultado del proceso creativo. Es decir, se establece que de obtener un resultado exitoso se incrementa la motivación por tareas similares y, por el contrario, con un resultado fallido la motivación se reduce. En esta línea se han propuesto teorías

sobre la motivación, vinculándola con el deseo de competencia por parte de los individuos, donde se establece una relación inversamente proporcional entre el éxito (o fracaso) en la resolución del problema y la motivación intrínseca (Harter, 1978). Por otra parte, existe evidencia en diversos estudios que soportan la hipótesis de que la motivación extrínseca disminuye la capacidad creativa debido a su impacto negativo sobre la motivación intrínseca que se tiene hacia la tarea a resolver (Fabes, McCullers, & Hom, 1986; Glucksberg, 1964; McGraw, 1978). Sin embargo, el impacto depende del tipo de tarea sobre la cual se esté trabajando, es decir, la presencia de recompensas externas impacta positivamente en el resultado si la tarea es algorítmica, mientras que frente a tareas heurísticas el resultado del rendimiento es negativo (T. Amabile, 1979).

En consecuencia, la resolución de problemas heurísticos promueve la emergencia de la creatividad y se beneficia de la motivación intrínseca, de la sensación de progreso en la búsqueda de alternativas y de la satisfacción por la tarea. La motivación intrínseca contribuye al incremento de la atención sobre aspectos aparentemente poco relevantes que podrían dar valor al proceso creativo. No obstante, la motivación extrínseca, tal como la recompensa, reduce la probabilidad de exploración de nuevos caminos, ya que el individuo pone la mente en los objetivos externos a la tarea. Por lo tanto, para promover la emergencia de la creatividad se hace necesario controlar las motivaciones externas a la tarea con el propósito de reducirlas o eliminarlas, mientras que se deben reforzar las motivaciones intrínsecas de los individuos como vía de superación de las barreras del proceso.

### **3.2. Proceso de Búsqueda de Información**

El componente central de la búsqueda de información en la web es el proceso de búsqueda de información en sí mismo. Este proceso ha sido modelado por Kuhlthau basado en la perspectiva del comportamiento del usuario y sus características durante la interacción con el sistema de búsqueda, en contraposición al enfoque centrado en el sistema y sus funcionalidades (Kuhlthau, 1991).

Kuhlthau define el proceso de búsqueda de información como una experiencia del usuario, incluyendo sus sentimientos, acciones y pensamientos, para construir significado a partir de su conocimiento previo. Es decir, tiene el propósito de resolver los problemas de información que tienen los usuarios, extendiendo sus conocimientos previos acerca del objetivo de la búsqueda a través de la exploración o explotación de las fuentes de información, por lo que la búsqueda puede ser considerada como un proceso de aprendizaje. Las tareas de búsqueda

basadas en exploración combinan estrategias de emisión de consultas y de navegación por la web, mientras que las tareas de búsqueda menos complejas devuelven información discreta y, por ello, requieren menos esfuerzo (Marchionini, 2006). La complejidad del problema de información es determinante en el éxito del proceso de búsqueda, es decir, influye en las estrategias y esfuerzos requeridos por parte de los usuarios para cumplir el propósito (Lee & Yoon, 2014; Maxwell et al., 2015). Por lo tanto, la resolución de problemas complejos requiere de mayor esfuerzo y motivación intrínseca por parte de los usuarios.

El proceso propuesto por Kuhlthau consta de seis etapas (Figura 3): Iniciación, en la cual se busca reconocer la necesidad de información en medio de la incertidumbre, aprensión y pensamientos en torno a la descripción del problema de información; Selección, donde se identifica y selecciona el tema general de la búsqueda, se profundiza sobre un contexto de optimismo y se tienen pensamientos en torno a las ponderaciones de los posibles temas a investigar, lo que puede desencadenar ansiedad si la selección toma demasiado tiempo; Exploración, etapa que, a partir del conocimiento previo, desarrolla la investigación sobre el tema seleccionado para extender la comprensión del mismo. Mientras el usuario se esfuerza en mantener el foco de la exploración siente confusión, incertidumbre y dudas sobre la relevancia de la tarea que está llevando a cabo; Formulación, se busca elaborar un foco a partir de la exploración realizada, pensando en la selección de ideas clave, en un ambiente de mayor certeza y confianza; Colección, etapa en la que recopila la información relevante, pensando en la profundización del conocimiento en un contexto de confianza; Presentación, se elabora el producto de la búsqueda para ser dispuesto al público objetivo, pensando en el cierre del proceso y en un clima de satisfacción si se ha logrado el propósito de la búsqueda o de decepción en el caso contrario (Kuhlthau, 1991).

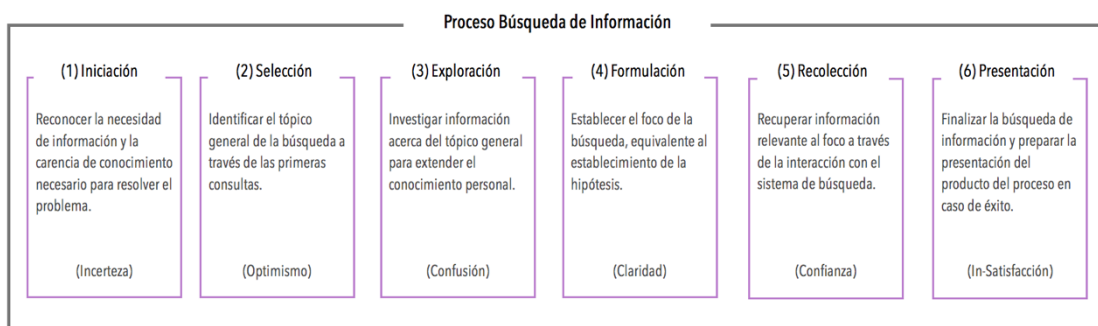


Figura 3: Conceptualización del proceso de búsqueda de información basado en la propuesta de Kuhlthau (Kuhlthau, 1991).

Este modelo ha sido validado en base a los resultados de cinco estudios sobre experiencias de usuario en búsqueda de información en bibliotecas, aunque se identificaron ciertas diferencias entre los distintos grupos de usuarios estudiados y los propósitos de algunas etapas. No obstante, recientemente se ha revalidado el modelo por medio de una revisión sobre una muestra de 574 estudiantes K-12 en un contexto de nuevas tecnologías de acceso a la información (Kuhlthau et al., 2008).

Por consiguiente, el modelo propuesto demuestra que la búsqueda de información resulta clave para la resolución de problemas de información complejos, donde se promueve un mayor nivel de exploración dirigido por la emisión de una amplia diversidad de consultas que permitan acceder a fuentes de información remotas entre sí. Asimismo, en este contexto se requiere de un alto grado de motivación intrínseca y esfuerzo por parte de los usuarios, ya que se evidencia un alto grado de incertidumbre y posibilidad de fracasar debido a la presencia de barreras propias de usuarios jóvenes.

### **3.3. Resolución Creativa de Tareas de Búsqueda de Información**

La resolución de problemas complejos se encuentra presente tanto en el proceso creativo como en la búsqueda de información, exigiendo en ambos modelos una mayor motivación intrínseca por la tarea y mayor esfuerzo debido a la presencia de elementos frustrantes. Asimismo, en ambos modelos las habilidades asociativas permiten una mayor exploración de espacios conceptuales novedosos, mientras que las estrategias o habilidades ejecutivas permiten controlar las decisiones durante todo el proceso. A continuación se describe la importancia de las habilidades creativas en el proceso creativo y en el proceso de búsqueda de información, para ilustrar la estrecha vinculación entre ambos modelos.

El pensamiento creativo depende, principalmente, de las habilidades asociativas que poseen los individuos, es decir, la habilidad de establecer relaciones entre conceptos alejados entre sí con el fin de satisfacer necesidades particulares o, simplemente, ser de utilidad para un grupo de individuos dentro de un ámbito. De esta forma, la calidad del producto creativo puede ser medida en directa relación con la distancia y diversidad entre los elementos que han sido combinados.

Se han evaluado las habilidades asociativas en base a la fluidez, flexibilidad, disociación y la combinación, por medio de diferentes pruebas de asociación de palabras, debido a su poder caracterizador de las capacidades de recuperación de información desde la memoria próxima.

Benedek et. al. al determinaron que las habilidades asociativas de fluidez y flexibilidad se presentan más naturales para los individuos, tiene una alta correlación con el pensamiento divergente y, además, existe una alta consistencia interna entre las cuatro habilidades. Por otra parte, se evidenció que el pensamiento divergente es significativamente predicho por la disociación y la combinación asociativa, también, estas mismas habilidades son relevantes para la creatividad. En cuanto a la tarea de predicción de la categoría de individuos creativos, las habilidades asociativas de flexibilidad y combinación soportan el 79% de acierto alcanzado en un proceso de regresión logística (Benedek, Könen, et al., 2012). Por lo anterior, las habilidades asociativas tienen una relación directa con indicadores que emergen del proceso creativo.

Adicionalmente, se ha estudiado la influencia relativa que tienen las habilidades tanto asociativas como ejecutivas sobre el pensamiento divergente. Las primeras nacen de la teoría asociativa de la creatividad, que establece que la generación de ideas creativas se sustenta en los procesos asociativos de la mente (Mednick, 1962). Mientras que las segundas hacen referencia a la teoría de la atención controlada, que se sustenta en la existencia de procesos de control de la atención que inhiben fuentes de interferencias y guían la mente hacia fuentes semánticas más productivas (Benedek, Franz, Heene, & Neubauer, 2012; Gilhooly, Fioratou, & Anthony, 2007). Una investigación reciente demostró que las habilidades ejecutivas permiten ajustar las ideas creativas a lo largo del tiempo por medio de la utilización de procesos de control, mejorando la calidad de las ideas a medida que se avanza en el proceso de generación. Estos procesos comprenden el uso estratégico de la información, la gestión de la interferencia, la búsqueda dirigida y tareas de recuperación de información (Beaty et al., 2014). En consecuencia, existe evidencia de que tanto las habilidades asociativas como las ejecutivas se encuentran presentes en la generación de ideas nuevas y se ha establecido la influencia relativa de cada una de estas categorías de habilidades en el pensamiento divergente (Beaty et al., 2014).

Estas habilidades creativas se plasman en el modelo propuesto por Amabile como una componente externa, influyen directamente en el proceso de búsqueda de caminos alternativos para resolver el problema y tienen relación directa con la calidad del producto del proceso creativo. De esta forma, destacan habilidades creativas tales como el ser capaz de mirar los problemas modificando las percepciones, ser flexible para cambiar la dirección de nuestra búsqueda de soluciones a tiempo, mantener las opciones de respuestas abiertas lo máximo posible, suspender el juicio en la generación de ideas, utilizar categorías amplias en la organización de la información, ampliar la capacidad de nuestra memoria de trabajo y

revisar críticamente los procedimientos de resolución de problemas que se han adquirido hasta el momento. Estas habilidades se vinculan estrechamente con las nuevas evidencias en relación a la combinación de habilidades asociativas y ejecutivas, puesto que la generación de ideas necesita tanto de asociaciones novedosas como de una estrategia que controle el proceso de búsqueda (Beatty et al., 2014).

Por lo tanto, la generación de ideas nuevas se concibe como un proceso heurístico de recuperación de información, que puede ser 1) descrito por medio de indicadores creativos, 2) inferido a partir de evidencias empíricas acerca del comportamiento de usuarios en sistemas informáticos y 3) mejorado por medio de herramientas de soporte a las habilidades creativas. Asimismo, dicho proceso se encuentra dirigido por las habilidades creativas, es decir, tanto por un control ejecutivo (estrategia) como por asociaciones novedosas de conceptos (diversidad).

Las habilidades para asociar conceptos, palabras, conocimiento o experiencias de manera fluida, flexible y original, han sido consideradas como relevantes para la emergencia de la creatividad, la resolución de problemas complejos y el proceso de búsqueda de información. Concretamente, la asociación de palabras ha sido estudiada desde el punto de vista cognitivo, para comprender el proceso que siguen los individuos cuando se enfrentan a diversas tareas de asociación de palabras (asociación libre, cadenas de asociación, disociación, combinación de conceptos) y su relación con la creatividad, inteligencia y personalidad (Beatty et al., 2014; Benedek, Könen, et al., 2012); y desde el punto de vista computacional, para construir modelos del comportamiento de los usuarios en función de conjuntos de datos experimentales (Gross et al., 2012; Toivonen et al., 2013; Velde et al., 2015). Dentro de estos últimos trabajos destaca la construcción de un modelo computacional que permite responder eficientemente al test de asociaciones remotas (RAT, por sus siglas en inglés). Además, construyeron una generalización del modelo para responder a tareas de asociación más complejas, siempre por medio de técnicas de procesamiento de lenguaje natural. El propósito esperado para ambos modelos fue el de soportar el proceso creativo ayudando a los usuarios a pensar de manera diversa o amplia (Gross et al., 2012). De manera similar, otro de los trabajos propuso la utilización de un mapa semántico para evaluar la creatividad con apoyo computacional, sin llegar a evaluarla, y promover el pensamiento divergente de los usuarios. La construcción del mapa semántico también se sustentó en la utilización de un conjunto de datos, esta vez de asociaciones realizadas por un conjunto de participantes (Velde et al., 2015). Estos estudios brindan evidencia concreta acerca de la factibilidad de utilizar modelos computacionales basados en registros de sistemas informáticos para evaluar y mejorar la

calidad creativa, que se basan en las habilidades para asociar palabras por parte de los usuarios.

Por otra parte, las habilidades ejecutivas permiten a los sujetos controlar el proceso de búsqueda de información, desde las acciones emprendidas hasta los sentimientos, principalmente, la ansiedad y frustración que emergen frente a la percepción de inseguridad y fracaso que experimentan los usuarios (Kuhlthau et al., 2008). Similarmente, las habilidades ejecutivas ayudan a los usuarios a determinar el mejor momento para finalizar la búsqueda por medio de criterios de cierre asociados al logro de niveles de utilidad, satisfacción o disgusto (Cooper, 1976; Maxwell et al., 2015; W. Wu & Kelly, 2014). Por lo tanto, la tarea de buscar información relevante y útil en la web para resolver problemas heurísticos es también compleja, debido a que se hace necesario que los usuarios 1) diseñen estrategias eficientes que les permitan alcanzar mayor diversidad de información y gestionar la calidad de las fuentes de información (Şendurur & Yildirim, 2015), 2) inviertan mayor esfuerzo en el proceso, es decir, que realicen una mayor exploración del espacio de información (Lee & Yoon, 2014) y 3) superen las barreras propias del proceso de búsqueda, tales como la elaboración de consultas y la alfabetización digital, sobre todo en niños (A Druin et al., 2009; Duarte Torres & Weber, 2011a; Usta et al., 2014). Esto se torna todavía más relevante cuando el nivel de conocimiento del dominio de los usuarios acerca de la tarea de información es reducido (R. Kang & Fu, 2010; Puspitasari et al., 2015; Willoughby et al., 2009) o cuando se tiene una baja experiencia en el uso de sistemas de búsquedas de información (Aula & Nordhausen, 2006; Egusa, Y. and Takaku, M. and Terai, H. and Saito, H. and Miwa, M. and Kando, 2010). No obstante, por medio de la intervención directa del proceso de resolución en tareas complejas, es posible disminuir la ansiedad de los usuarios, mejorar sus estrategias y contribuir al éxito de las búsquedas. La intervención puede ser a través de la generación de herramientas incorporadas en los sistemas de búsqueda (Berget & Sandnes, 2015; Robert Capra et al., 2015; Kammerer & Gerjets, 2012) o por la formación de los usuarios (Argelagós & Pifarré, 2012; Barsky & Bar-Ilan, 2005; Kroustallaki et al., 2015).

El proceso de búsqueda de información en la web se basa en la elaboración y emisión de un conjunto de consultas, que se enmarcan dentro de una sesión de búsqueda y permiten acceder a un subconjunto de documentos dentro de la inmensidad de la web. Considerando que cada sesión se compone de una secuencia de consultas, emitidas de forma consecutiva, y cada consulta corresponde a un conjunto de términos, entonces, las sesiones de búsqueda delinean un proceso de asociación para alcanzar el éxito de la tarea de información. En consecuencia, una sesión de búsqueda

establece un procedimiento similar a la tarea de asociación restringida de palabras, que determina la flexibilidad de los individuos (Benedek, Könen, et al., 2012). En esta línea, un estudio consideró cada sesión de búsqueda realizada por un usuario como una cadena de consultas y, por lo tanto, determinó el propósito de la sesión, describió la estrategia del usuario y mejoró la eficiencia del proceso (Radlinski & Joachims, 2005). En este sentido, se determinó que frente a la resolución de tareas complejas, mientras más conocimiento tiene el usuario acerca de la tarea, más estrechas son las consultas en relación al conjunto de documento disponibles, en detrimento de consultas amplias que fomentan la exploración (Yamin et al., 2013). Asimismo, se propuso un modelo del flujo de consultas que construye un grafo dirigido a partir de las consultas emitidas por los usuarios durante una sesión de búsqueda, definiendo así el concepto de cadena de consultas (Boldi, Bonchi, Castillo, & Donato, 2008). De manera similar, se propuso otro modelo de usuario que describe la profundidad de la búsqueda de los usuarios, en términos de su navegación, para determinar su relación tanto con los tipos de tareas como con la experiencia y conocimiento de los participantes (Egusa et al., 2010a). En consecuencia, estos estudios proveen evidencia de la utilidad del patrón de emisión de consulta generado por los usuarios durante la búsqueda de información, para modelar y mejorar su comportamiento durante la resolución creativa de tareas de información, principalmente complejas, abiertas o heurísticas.

Finalmente, existe evidencia que sustenta la utilización de las habilidades asociativas y ejecutivas como predictores de la creatividad y, además, como fuente de información para la inferencia automática de un modelo de la creatividad basado en el comportamiento de búsqueda, y como vía para la mejora de la calidad creativa a través de la intervención directa en la búsqueda de información. Asimismo, se establece la interrelación entre ambos procesos, tanto en su necesidad mutua como en las propiedades que los convierten en creativos. En la Figura 4 se presenta la interrelación entre ambos modelos, donde se aprecia una fuerte conexión entre las fases del proceso. El foco de esta tesis se encuentra, principalmente, en la relación entre la generación de la respuesta del proceso creativo y la gestión de la información (exploración, formulación y recolección), debido a la alta dependencia de las habilidades asociativas y ejecutivas, así como de la motivación intrínseca para superar las barreras de los procesos.

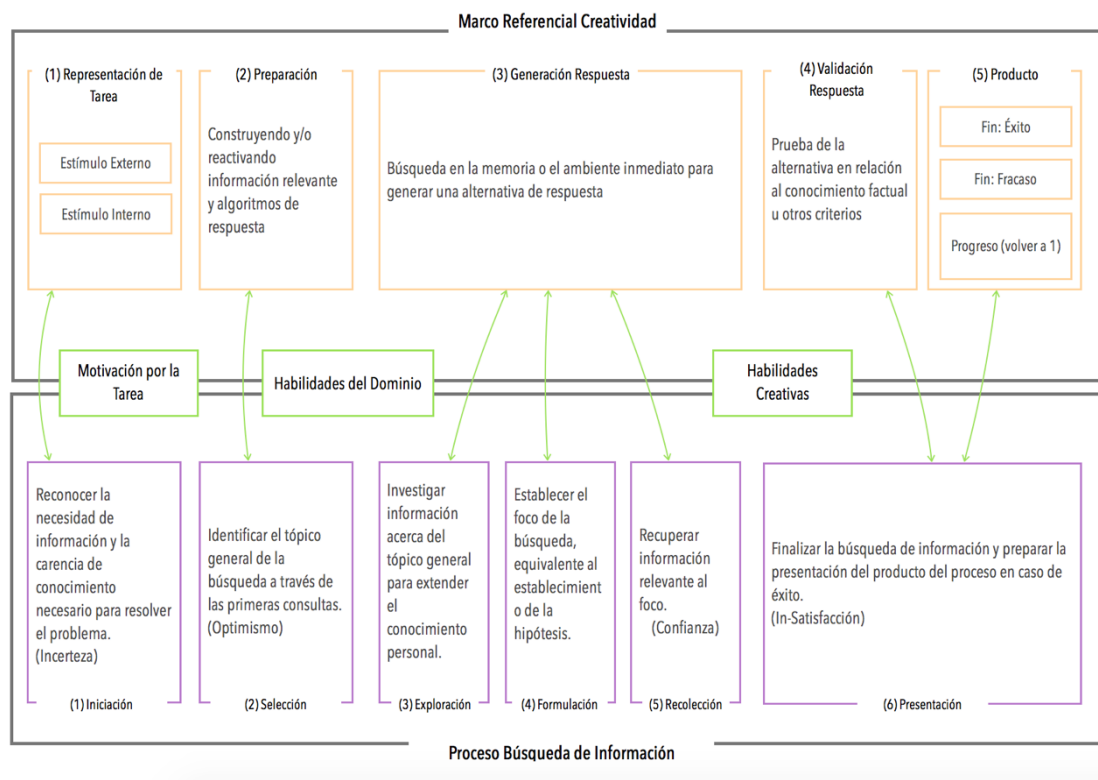


Figura 4: Interrelación de los procesos creativo y de búsqueda de información (elaboración propia).

### 3.4. Resumen

La resolución de problemas heurísticos promueve la emergencia de la creatividad a través de las habilidades asociativas y ejecutivas. Esto se debe a que en el modelo de Amabile la generación de alternativas depende de la capacidad que tienen los individuos para generar asociaciones novedosas de conceptos, mientras que el éxito del proceso depende de las habilidades ejecutivas que permiten controlar la exploración de alternativas y el cierre de la tarea. Además, para promover la creatividad es necesario controlar las motivaciones externas que desvían el foco del proceso creativo, mientras que las motivaciones intrínsecas de los individuos deben ser reforzadas puesto que fortalecen su resiliencia.

Las habilidades asociativas y ejecutivas también se encuentran presentes en el proceso de búsqueda, el cual resulta clave para la resolución de problemas de información heurísticos. Esto se debe a la necesidad de una mayor exploración por medio de consultas diversas y de una estrategia que permita controlar la ejecución y cierre del proceso. La motivación intrínseca y el esfuerzo por parte de los usuarios es mayor en tareas heurísticas en comparación a la resolución de tareas simples, ya que existe una gran incertidumbre y posibilidad de fracaso.

En consecuencia, debido a que las habilidades asociativas y ejecutivas son buenos predictores de la creatividad y se encuentran presentes en ambos procesos, existen las bases conceptuales para diseñar modelos del comportamiento de búsqueda de información basados en el patrón de asociación de consultas, que permitan tanto predecir la calidad creativa de los usuarios como intervenir el proceso de resolución de problemas con el propósito de promover la emergencia de soluciones creativas

## 4. Resolución Creativa de Desafíos en la web

---

Esta tesis busca establecer modelos computacionales que permitan predecir y mejorar la calidad creativa durante la elaboración de soluciones creativas a problemas complejos, a través del análisis del comportamiento de búsqueda de información y su relación con las habilidades asociativas. Por lo tanto, se propone un Marco de Resolución Creativa de Desafíos (MRCD), que define la relación entre el patrón de emisión de consultas y las tareas de asociación de conceptos y que tienen directa relación con el pensamiento creativo. Por lo tanto, el MRCD establece un vínculo conceptual entre el proceso creativo y el proceso de búsqueda de información, que no ha sido hasta ahora propuesto. Esto permite el diseño de modelos de usuario para discriminar el comportamiento de búsqueda vinculado a soluciones creativas e introducir elementos que promuevan una mayor creatividad. El MRCD se implementa en una plataforma tecnológica desarrollada dentro de esta tesis con el propósito de 1) registrar la información del comportamiento de los usuarios en contextos cercanos a la realidad y 2) proveer de un soporte creativo a los usuarios durante la búsqueda.

A continuación, se describe el MRCD, asociando la generalización de los procedimientos de evaluación de la creatividad y la generalización del patrón de consultas. Y además, se presenta la plataforma tecnológica GoNSA que permite la resolución de desafíos en la web, desde el diseño de los desafíos hasta la evaluación de las soluciones elaboradas; así como la arquitectura tecnológica que describe las componentes técnicas que soportan los requerimientos.

### 4.1. Marco para la Resolución Creativa de Desafíos (MRCD)

Los procedimientos de evaluación de la creatividad revisados evidencian algunas limitaciones de implementación en el aula, debido a factores como el tiempo requerido para su aplicación y revisión, la subjetividad en la revisión, la aplicación explícita de las actividades y la experiencia esperada de los revisores para su interpretación. Sin embargo, estos instrumentos describen un procedimiento común de evaluación, que busca obtener indicadores que permitan medir la habilidad de asociación de los individuos con el fin de determinar su potencial creativo.

Un esquema común de asociación de conceptos subyacente en las pruebas de las habilidades creativas permite la evaluación explícita de la creatividad a través de los distintos instrumentos revisados. Por ejemplo, para medir la fluidez asociativa se desarrolla una tarea de asociación libre

de palabras que dependen de un elemento estimulante (Beaty et al., 2014), mientras que para medir la flexibilidad asociativa se elabora una tarea de cadenas de palabras partiendo del elemento estimulante (Benedek, Könen, et al., 2012). La Ecuación 1 describe el patrón generalizado de asociación, en el cual se provee de un elemento estimulante,  $w^e$ , y ante el cual los individuos deben generar asociaciones o cadenas de asociaciones de palabras,  $w_i$ , que depende de su vocabulario personal,  $W^u$ .

$$T^u(w^e) = [(w^*, 0), (w_1, t_1), \dots, (w_n, t_n)] \forall w \in W^u \quad (1)$$

Este patrón de asociación contribuye a la extracción de indicadores que permiten predecir la creatividad basados en la fluidez, flexibilidad, elaboración y originalidad de las asociaciones.

Por otra parte, los usuarios evidencian las habilidades asociativas a través de sus acciones durante la búsqueda de información para el descubrimiento de alternativas. Concretamente, el patrón de emisión de consultas resultante de una sesión de búsqueda de información puede ser considerado una particularización del patrón general de asociación. En este escenario, el elemento que estimula el proceso asociativo es el problema de información o desafío,  $d^e$ , mientras que los elementos asociados que generan los estudiantes son las consultas emitidas,  $q_i$ , en un tiempo determinado,  $t_i$ .

$$T^u(d^e) = [(d^*, 0), (q_1, t_1), \dots, (q_n, t_n)] \forall q \in Q^u \quad (2)$$

Un problema de información complejo requiere de mayor esfuerzo, mejores estrategias y alta motivación intrínseca para su resolución, por lo que estimula un proceso de búsqueda de información altamente interactivo por parte de los estudiantes (W. Wu et al., 2012). Esto promueve la emisión de una mayor cantidad de consultas y, con ello, el patrón de asociación implícito e inherente en la búsqueda de información de los estudiantes podrá ser caracterizado de manera más precisa a partir de los registros de búsqueda. Por lo tanto, puede ser modelado el comportamiento de los usuarios por medio de un conjunto de propiedades creativas y mejorado a través de la intervención directa en el proceso.

Por lo tanto, el conjunto de consultas,  $Q^u$ , que cada usuario emite durante un determinado problema de información,  $d^e$ , modela la estrategia de asociación  $h^*$  utilizada por el estudiante (usuario) para la resolución del problema planteado, donde el estudiante avanza, consulta a consulta,

explorando el espacio de información hacia la elaboración de una solución  $S^u$  y construyendo una cadena de asociación (ecuación 3).

$$S^u(d^e) = [h^*(q_1|d^e), h^*(q_2|q_1, d^e), \dots, h^*(q_n|q_{n-1}, \dots, d^e)] \forall q \in Q^u \quad (3)$$

No obstante, las estrategias de asociación,  $h^*$ , utilizadas se encuentran ocultas en la mente de los usuarios (memoria de trabajo), pero se ha mostrado que el potencial creativo se encuentra altamente relacionado con las habilidades asociativas. En consecuencia, la resolución de desafíos complejos exige mayor esfuerzo que en desafíos simples y promueve en los usuarios la generación de un patrón de asociación de consultas con mayor diversidad, por tanto, se convierte en una fuente de información acerca del potencial creativo implícito en el comportamiento de búsqueda.

Tal como se ha visto hasta ahora, las habilidades asociativas de los individuos son un buen predictor de la capacidad creativa y se han utilizado diversos procedimientos para su evaluación que se sustentan en el patrón general de tareas de asociación descrito en la ecuación 1. En esta tesis se propone que existe una similitud entre la generalización de dicho patrón de asociación y el proceso de emisión de consultas utilizado en la búsqueda de información, ecuación 2. Por tanto, el comportamiento de búsqueda define implícitamente las estrategias de asociación de consultas que evidencian los estudiantes, ecuación 3, y permite la extracción de propiedades creativas que contribuyen a predecir automática e implícitamente la creatividad.

Con el propósito de analizar y describir el comportamiento de búsqueda de los estudiantes en base a las huellas que dejan durante la búsqueda de información dirigida por la elaboración de soluciones creativas se propone el MRCD, que establece un marco de resolución de desafíos. Este se basa en el diseño de desafíos complejos («*tareas*») a resolver dentro de un tiempo acotado («*ambiente*») y la elaboración de soluciones creativas («*producto*») por parte de estudiantes K-12 («*usuario*») a través de una plataforma de búsqueda de información web desarrollada en esta tesis («*sistema*»). Para ello se utiliza como elemento estimulante un desafío,  $d^e$ , que define el problema de información a resolver, se corresponde con el elemento estimulante de las asociaciones de consultas (ecuación 3) y tiene la complejidad necesaria para promover búsquedas exploratorias o diversas (Wildemuth & Freund, 2012). Este tipo de búsquedas generan una mayor probabilidad de alcanzar ideas creativas por medio de serendipia, similitud o mediación, debido a que se orientan a alcanzar un mayor grado

de cobertura en el análisis de los resultados y al fomento del desarrollo intelectual (White & Roth, 2009).

Por lo tanto, esta tesis busca demostrar que el correcto diseño de un modelo de usuario, basado en la teoría asociativa de la creatividad; y la intervención del proceso de búsqueda de información, apoyando las estrategias de los estudiantes en función de aquellos más creativos; contribuye a predecir y mejorar la calidad creativa de las soluciones.

## 4.2. Plataforma Tecnológica: GoNSA

GoNSA, el acrónimo de «Gain of iNsight about Searching and Associations», es una plataforma tecnológica desarrollada durante esta investigación, que tiene el doble propósito de: 1) soportar el proceso de resolución creativa de tareas de información dentro de un ámbito educativo y 2) proporcionar datos acerca del proceso de búsquedas de información en la web. Concretamente, GoNSA soporta el diseño de desafíos de información, la realización del proceso de búsqueda, la integración de la información del comportamiento de los estudiantes, la evaluación de la calidad creativa de las soluciones elaboradas y, asimismo, la valoración de las habilidades asociativas.

Desde una mirada procedimental, la plataforma satisface las fases del proceso de búsqueda de información: la definición del problema, la identificación del tópico general, la exploración del tópico general, la formulación del foco central, la recolección de información y, finalmente, la presentación del producto de la tarea. Mientras que la principal contribución de GoNSA es la generación de información detallada y disponible acerca de las estrategias de búsqueda de información, de las habilidades de asociación y de las soluciones que describen el comportamiento de resolución de problemas evidenciado por los estudiantes.

Desde una mirada tecnológica, GoNSA ha sido diseñada con el propósito de integrarla en ambientes educativos, donde los profesores puedan obtener información acerca de las estrategias de resolución de problemas que tienen los estudiantes, permitiendo su recuperación implícita y acceso inmediato. A continuación se describen las vistas tecnológicas de la plataforma, desde los requerimientos hasta la interfaz de usuario.

### *4.2.1. Arquitectura Tecnológica*

GoNSA implementa y extiende el MRCD, desde el diseño de los desafíos hasta la revisión de la calidad creativa de las soluciones propuestas para los problemas de información propuestos. En la Figura 5 se describe el proceso completo de resolución creativa de desafíos, en el cual participan como actores principales los docentes, los estudiantes y los revisores.

El proceso general implementado en GoNSA se desarrolla en tres hitos secuenciales: 1) Desafíos, 2) Resolución Creativa de Desafíos y 3) Revisión. Primero, los desafíos se diseñan de manera tal que contribuyan a un mayor nivel de interacción por parte de los usuarios durante la búsqueda de información (White & Roth, 2009; Wildemuth & Freund, 2012), y a su vez se incorporan a la plataforma. Segundo, los distintos desafíos disponibles en GoNSA son accesibles para los estudiantes de manera que puedan ser resueltos siguiendo el MRCD, es decir, definiendo el problema a resolver, realizando asociaciones durante las búsquedas y estableciendo estrategias para controlar sus decisiones. También elaborando una solución creativa utilizando la información recolectada. Y tercero, los revisores evalúan la calidad creativa de las soluciones elaboradas por los estudiantes a través de la plataforma, utilizando una rúbrica de ideas creativas (Dean & Hender, 2006).

GoNSA implementa el proceso de evaluación creativa por medio de procedimientos de asociación libre de palabras, tal como lo ha implementado Benedek et al. (Benedek, Könen, et al., 2012); y de usos poco comunes asociados al pensamiento divergente, siguiendo la propuesta de Benedek y Neubauer (Benedek & Neubauer, 2013). En ambos casos, primero se define la palabra/objeto utilizada como elemento estímulo; segundo, los estudiantes proveen las palabras/usos dentro del tiempo establecido para ello; y, tercero, los revisores califican la calidad creativa de las respuestas.

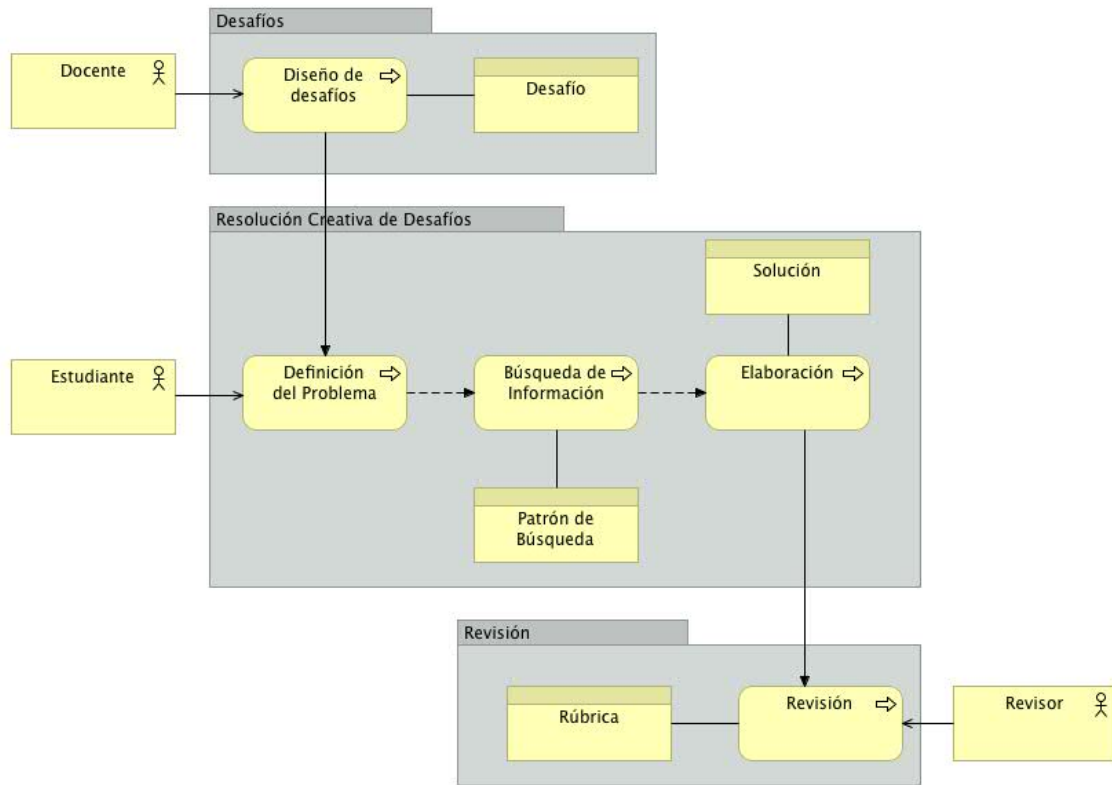


Figura 5: Arquitectura de Proceso (elaboración propia).

De manera más detallada, en la Figura 6 se describen las principales funcionalidades incorporadas en GoNSA y que se encuentran alineadas con los procesos que componen el MRCD. GoNSA cuenta con las funcionalidades para la gestión de usuarios que permiten las altas y bajas de las cuentas que utilizan los participantes. A continuación se describen los servicios disponibles tanto para los estudiantes como para los revisores, ya que ellos son quienes participan de esta tesis.

- «**Estudiante:** Definición del Problema: Aceptar desafío». Los estudiantes deben declarar la aceptación del desafío, validando las condiciones que se presentan.
- «**Estudiante:** Búsqueda de Información: Emitir consulta». Los estudiantes deben realizar búsquedas de información por medio de consultas, es decir, un conjunto de términos. Estas consultas se registran y envían a la interfaz<sup>1</sup> de búsqueda proporcionada por el motor de búsqueda Bing<sup>2</sup>, disponible para desarrolladores, y devuelve los resultados asociados a las consultas emitidas.

<sup>1</sup> <http://datamarket.azure.com/dataset/bing/search>

<sup>2</sup> <http://www.bing.com>

Asimismo, el estudiante cuenta en todo momento con la descripción completa del desafío activo a esta búsqueda.

- «**Estudiante:** Búsqueda de Información: Tocar resultado». Los estudiantes visualizan la lista de los principales resultados de la consulta entregados por la interfaz de Bing, de manera similar a los principales motores de búsqueda. Asimismo, el estudiante puede tocar cada uno de los resultados, es decir, visualizar, eliminar de la lista o almacenar en la biblioteca.
- «**Estudiante:** Búsqueda de Información: Archivar resultado». Los estudiantes cuentan con una biblioteca personal en la cual podrán archivar los resultados relevantes o útiles.
- «**Estudiante:** Elaboración: Crear solución». Los estudiantes disponen de un cuadro de texto para la elaboración de la solución, de la visualización del resumen del desafío activo en este proceso y de la biblioteca personal que han construido durante la búsqueda de información.
- «**Estudiante:** Elaboración: Cerrar desafío». Los estudiantes deben cerrar el proceso de resolución creativa de desafíos después de haber elaborado la solución.
- «**Revisor:** Revisión: Evaluar solución». Los revisores deben evaluar la calidad creativa de las soluciones disponibles en la plataforma. La solución es visualizada de manera anónima, aparecer en orden aleatorio y estar acompañada por la rúbrica completa (Dean & Hender, 2006). Una vez finalizada la revisión las evaluaciones son enviadas.
- «**Revisor:** Revisión: Evaluar usos». Los revisores deben evaluar la calidad de las asociaciones de palabras (los usos poco comunes) disponibles en la plataforma. La lista de palabras (usos poco comunes) se visualizan de manera anónima, aparecer en orden aleatorio y estar acompañada por la rúbrica (Benedek, Könen, et al., 2012; Benedek & Neubauer, 2013). Una vez finalizada la revisión las evaluaciones son enviadas.

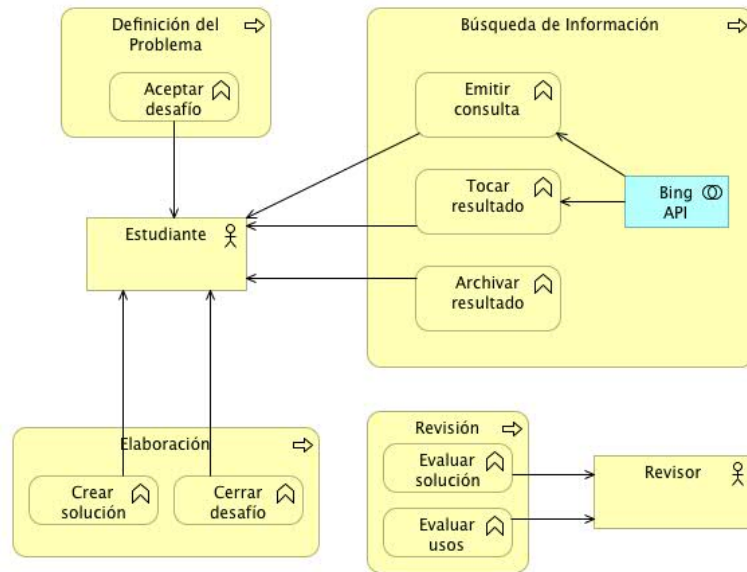


Figura 6: Arquitectura Funcional: Estudiante y Revisor (elaboración propia).

La implementación de GoNSA tiene una arquitectura de tres capas, basada en el patrón de diseño Modelo–Vista–Controlador. Esta decisión de diseño e implementación permite la escalabilidad, el mantenimiento y seguridad de la plataforma. Las componentes de la arquitectura se muestran en la Figura 7, y se encuentran divididas por procesos en cada una de las capas. Finalmente, se identifican las aplicaciones integradas con GoNSA: «Bing API»<sup>3</sup>, como servicio de búsqueda de información, y «Django»<sup>4</sup>, como servicio de gestión de cuentas de usuarios.

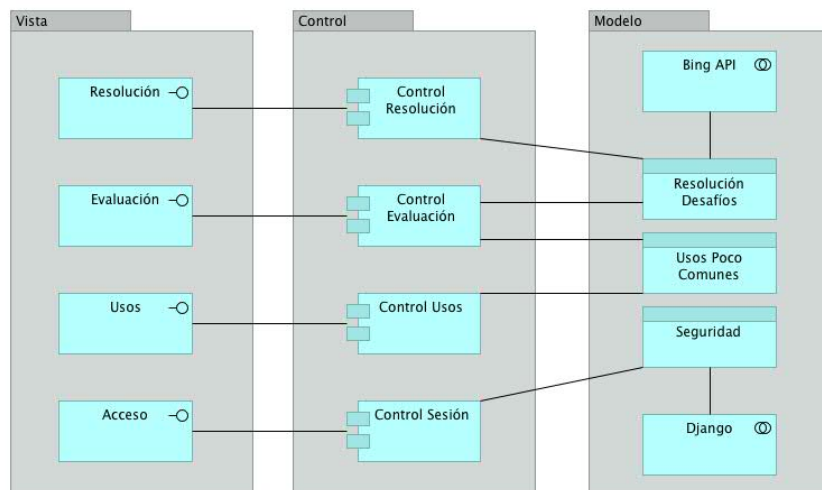


Figura 7: Arquitectura de Aplicación (elaboración propia).

<sup>3</sup> <http://datamarket.azure.com/dataset/bing/search>

<sup>4</sup> <https://www.djangoproject.com>

En la Figura 8 se presenta la estructura de información del proceso de resolución creativa de desafíos. La entidad principal corresponde al «Usuario», quien realiza las principales acciones y del cual se almacena información demográfica necesaria para el estudio. A continuación se describen las entidades de información.

- «Desafío». Contiene la información necesaria para describir el problema de información: el objetivo, el resumen, la descripción y el tiempo disponible para su realización. Cada «Usuario» realiza una «Resolución» para cada «Desafío».
- «Usuario». Contiene la información demográfica asociada a los estudiantes que participan en el proceso de resolución creativa de desafíos. Dentro de los principales atributos se encuentran la edad, el género y el grupo experimental al cual pertenecen, según corresponda. Los estudiantes elaboran una o varias «Resolución» y definen una «Biblioteca» con enlaces relevantes o útiles.
- «Resolución». Registra la información del proceso de resolución creativa que sigue cada estudiante ante un «Desafío». Las principales propiedades registradas son marcas de tiempo (inicio, búsqueda, solución y cierre), la duración del proceso completo y la solución elaborada. Asimismo, durante cada «Resolución» son emitidas las «Consulta» por parte de los «Usuario».
- «Consulta». Almacena la información de los términos que componen cada «Consulta», así como la marca de tiempo cuando fue emitida. Como respuesta a cada «Consulta» enviada al motor de búsqueda se obtiene un conjunto de «Documento».
- «Documento». Registra la información relevante del «Documento» entregada por el motor de búsqueda: el encabezado, el enlace y el resumen (Snippet). El «Usuario» puede realizar varios «Toque» a cada «Documento»: ver, eliminar o archivar.
- «Biblioteca». Marca los «Documento» archivados por el «Usuario» para un «Desafío» concreto, marcando el tiempo en el cual se ha realizado el «Toque».

- «Evaluador». Registra la información demográfica de cada revisor, que emite una «Evaluación» para cada solución creativa elaborada dentro de la «Resolución» utilizando la rúbrica correspondiente (Dean & Hender, 2006).
- «Evaluación». Registra la evaluación realizada por cada «Revisor» sobre cada solución perteneciente a una «Resolución».

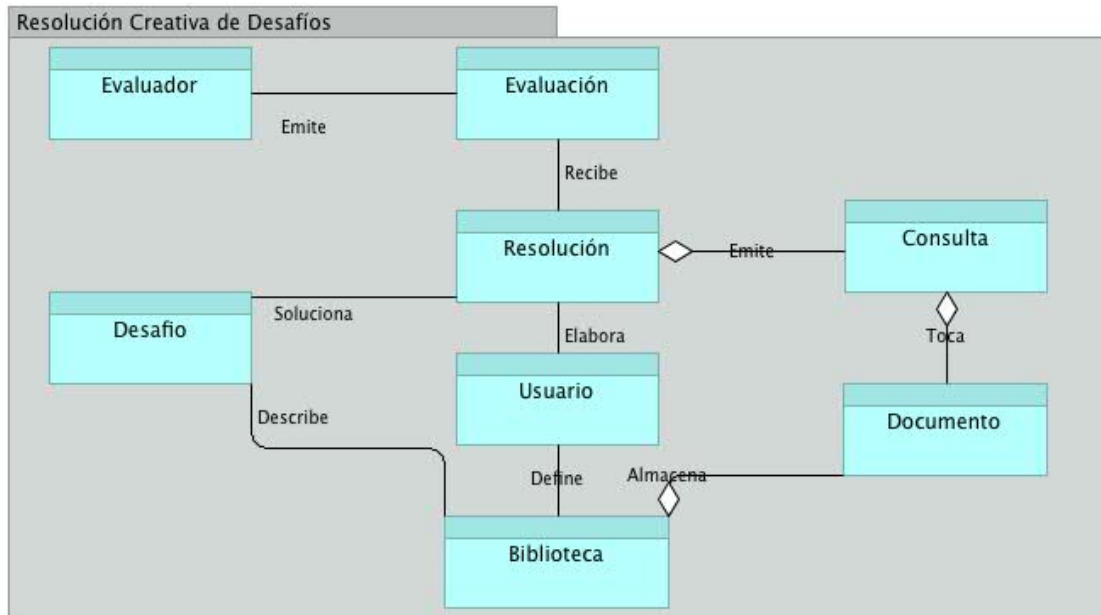


Figura 8: Arquitectura de Información: Resolución de Desafíos (elaboración propia).

La Figura 9 presenta la arquitectura de información para el proceso de evaluación de la creatividad por medio del procedimiento asociado al pensamiento divergente, siguiendo el protocolo definido por Benedek y Neubauer (Benedek & Neubauer, 2013). En este modelo se presentan los objetos «Clave» que son presentados a cada «Usuario», quienes generan un conjunto de «Uso» poco comunes asociados y que permiten a cada «Evaluador» emitir la «Evaluación» de la calidad creativa.

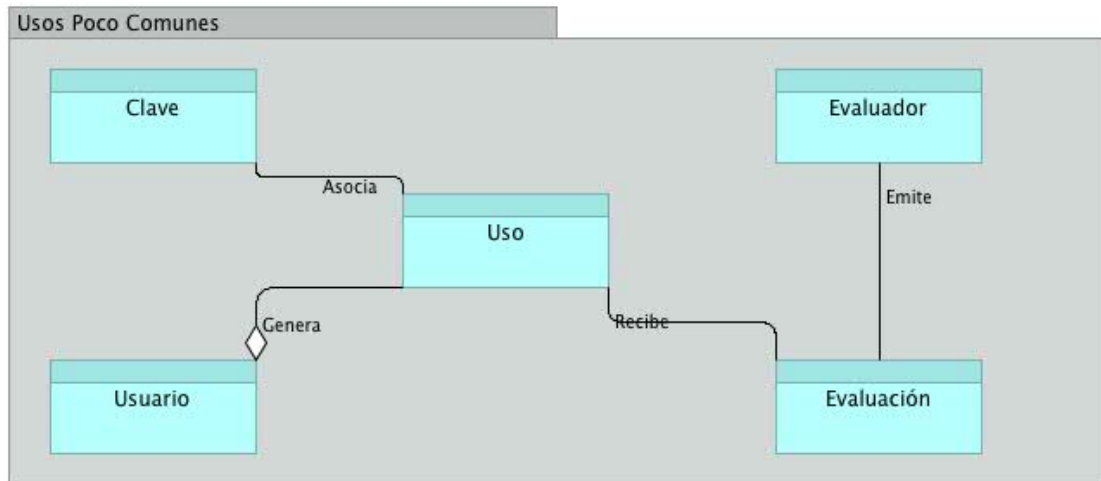


Figura 9: Arquitectura de Información: Usos Poco Comunes (elaboración propia).

El despliegue de GoNSA se realiza sobre un servidor web, que contiene los servicios de «Django» (v1.7.5), «MySQL» (v5.5.42) y «Python» (v2.7.6), y son los que soportan gran parte de las funcionalidades. El servidor cuenta con un servicio de conexión entre GoNSA y la interfaz de búsqueda que provee Bing, desarrollado en Python. En el servidor se instala la interfaz Python del paquete de procesamiento de lenguaje natural<sup>5</sup> («NLTK», v3.0), que permite realizar el procesamiento de los documentos recuperados y las consultas emitidas por los estudiantes. La arquitectura necesaria para el despliegue de GoNSA se encuentra descrita en la Figura 10.

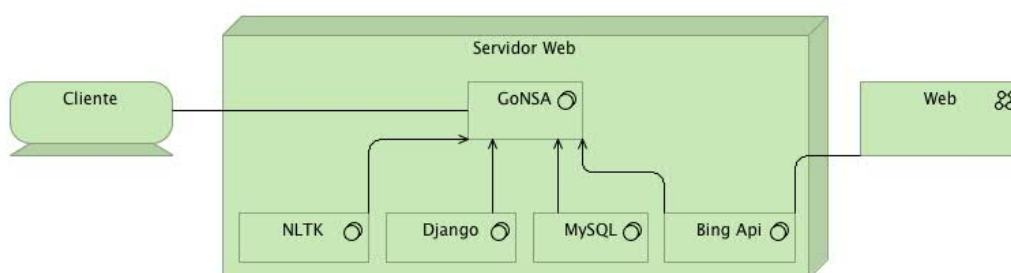


Figura 10: Arquitectura Tecnológica (elaboración propia).

#### 4.2.2. Interfaz de usuario

La interfaz de usuario de GoNSA está desarrollada por medio del Framework Bootstrap<sup>6</sup>, el cual integra componentes desarrollados en

<sup>5</sup> <http://www.nltk.org>

<sup>6</sup> <http://getbootstrap.com>

HTML, CSS y JS. Este Framework es ampliamente utilizado en la comunidad web y móvil, y tiene la propiedad de ser adaptativo al dispositivo que el usuario utilice.

### *Interfaz del Estudiante*

El primer paso en el proceso de resolución de desafíos es la definición del problema, es decir, la comprensión del propósito y contexto del problema a resolver. En la Figura 11 se presenta la interfaz de desafíos creativos, donde se encuentran todos los problemas de información disponibles (azul) y activos (verde) aquellos a los que el usuario puede acceder. Tal como se puede apreciar, los usuarios pueden revisar, para cada desafío, la información general que lo describe: el objetivo, resumen, tiempo disponible para su resolución y el botón para «Acepto» («Continuar») el desafío. Durante todo el tiempo disponible para el desarrollo de cada desafío, la información asociada a este se encuentra disponible para el usuario (estudiante) cada vez que vuelve a entrar al sistema. No obstante, si el tiempo disponible se acaba, el desafío se cierra y deja de estar disponible para el usuario.



Figura 11: Interfaz de Desafíos Creativos (elaboración propia).

El segundo paso corresponde a la búsqueda de información y recopilación de documentos relevantes y útiles para cada usuario. La interfaz de búsqueda de información, presentada en la Figura 12, es aquella a la cual accede el estudiante después de aceptar (continuar) con el desafío. La estructura de esta interfaz se compone de la ventana de información relevante del desafío (objetivo y descripción), y de la ventana de búsqueda de información (Cuadro de consultas y Resultados). Cada resultado cuenta

con tres opciones: archivar, eliminar y ver, y todos los toques y consultas se registran internamente en la arquitectura de información de GoNSA. La interfaz muestra también el tiempo restante para la resolución del desafío y la biblioteca con los documentos que han sido archivados por cada usuario. Finalmente, para continuar con el proceso hacia la elaboración de la solución el estudiante debe presionar el botón «Avanzar» en la ventana del desafío.



Figura 12: Interfaz de Búsqueda de Información: Resultados, Desafío (elaboración propia).

El tercer paso es la elaboración de la solución. La interfaz presentada en la Figura 13 muestra un cuadro de texto para que los estudiantes escriban su solución, la ventana con la información del desafío y la ventana de la biblioteca con los documentos que han sido seleccionados durante la etapa de búsqueda. Para cerrar el desafío, los estudiantes deben «Enviar» la solución a los revisores.

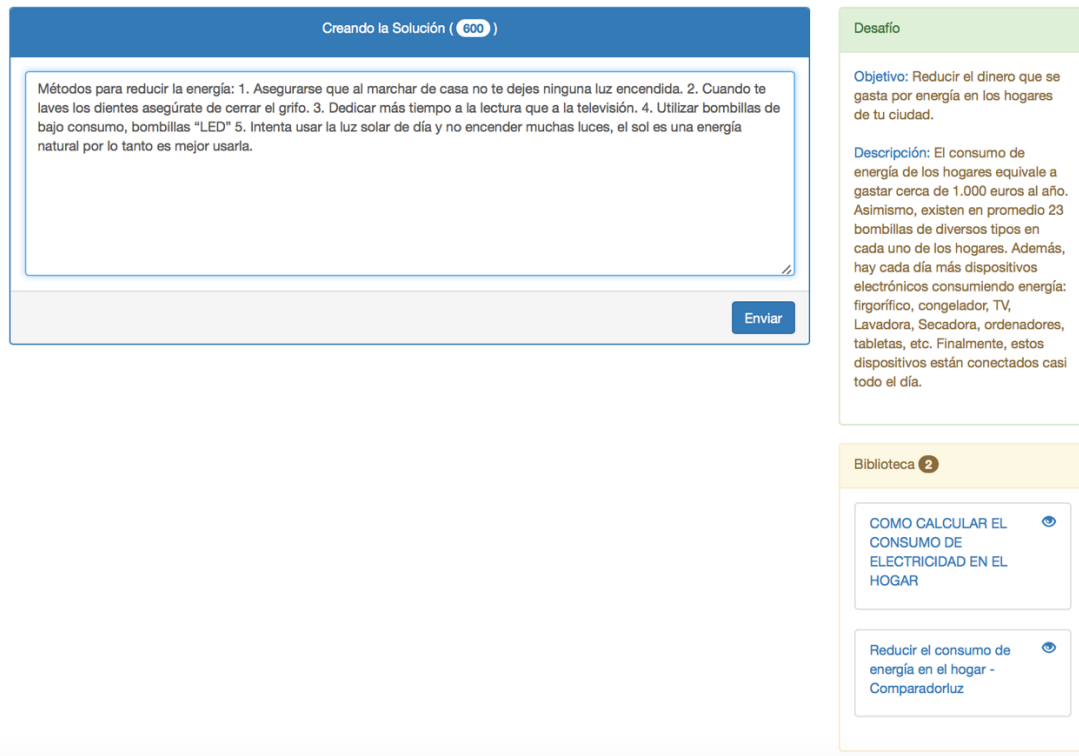


Figura 13: Interfaz de Elaboración de Solución: Solución, Desafío y Biblioteca (elaboración propia).

### *Interfaz del Revisor*

Los revisores deben evaluar la calidad creativa de las soluciones elaboradas y enviadas por los estudiantes durante los procesos de resolución de desafíos. Para asegurar una mayor transparencia y objetividad del proceso, este se realiza de manera anónima para cada solución, por lo tanto los revisores sólo reciben de manera aleatoria cada una de las soluciones que han sido enviadas. La interfaz de revisión de las soluciones se presenta en la Figura 14, en la que se aprecia una solución y parte de la rúbrica utilizada, en concreto dos dimensiones, cada uno de sus criterios y las puntuaciones asociados. Para cerrar la evaluación, el revisor debe «Evaluar» la revisión.

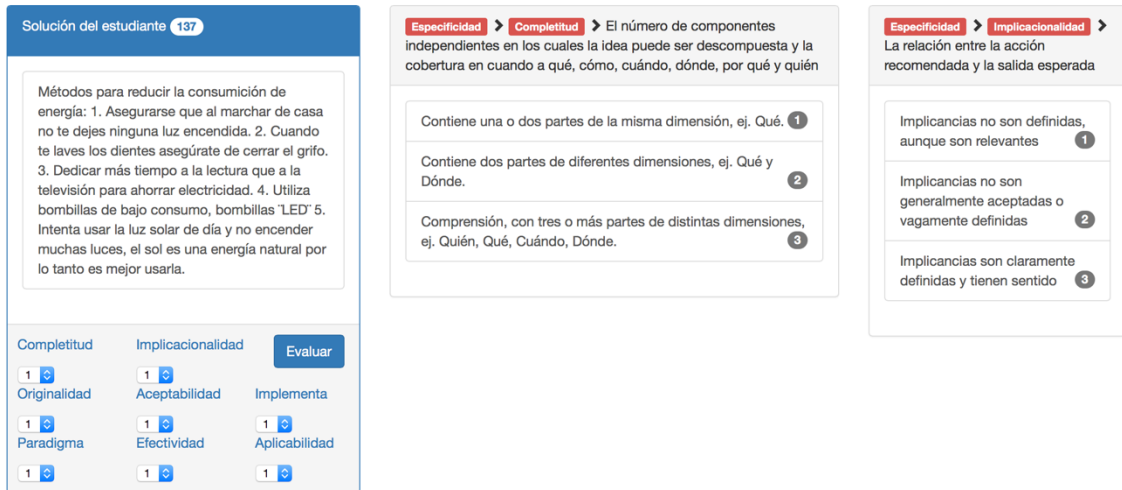


Figura 14: Interfaz de Revisión de Soluciones: Solución y Rúbrica (elaboración propia).

Los revisores también deben evaluar la calidad creativa de los usos poco comunes proporcionados por cada estudiante ante un objeto clave que se les presenta. En la Figura 15 se presenta la interfaz de revisión de los usos poco comunes, donde los revisores reciben de manera anónima y aleatoria la lista de usos que han propuesto cada uno de los estudiantes. Se aprecian las tres dimensiones utilizadas y sus niveles de calificación. Para cerrar la evaluación, el revisor debe «Evaluar» la revisión. La revisión de las asociaciones libres de palabras se desarrolla de manera similar. [extender este párrafo]



Figura 15: Interfaz de Revisión de Usos Poco Comunes: Usos y Rúbrica (elaboración propia).

### 4.3. Resumen

GoNSA, satisface el doble propósito con el cual ha sido diseñada: 1) soportar el proceso de resolución creativa de tareas de información dentro de un ámbito educativo y 2) proporcionar datos acerca del proceso de búsquedas de información. En particular, GoNSA constituye una plataforma web, sustentada en una arquitectura de tres capas, desarrollada con tecnología actual y con una interfaz de usuario adaptativa. GoNSA se ha implementado para asegurar la escalabilidad, adaptabilidad y facilidad de mantenimiento con miras a su integración en procesos educativos. Por lo tanto, la arquitectura presentada soporta futuras extensiones para su correcta integración.

GoNSA implementa y extiende el Marco para el Desarrollo Creativo de Desafíos propuesto en esta tesis, desde el registro de las asociaciones de consultas realizadas por los estudiantes durante la búsqueda de información hasta la incorporación de las acciones que modelan las estrategias de los estudiantes.

GoNSA implementa los protocolos de evaluación de las habilidades de asociación de palabras y el pensamiento divergente por medio de usos alternativos. Asimismo, se asegura la revisión anónima y aleatoria de las respuestas elaboradas por los estudiantes, ya sea palabras o usos alternativos.

GoNSA ha sido diseñada con el propósito de integrarla en entornos educativos para soportar el proceso de búsqueda de información de los estudiantes y para que los profesores puedan comprender las estrategias de resolución de problemas complejos.

## 5. Metodología de la investigación

---

Esta tesis aborda la promoción de la creatividad por medio de modelos de usuario, implementados en una plataforma tecnológica-GoNSA- basada en la resolución de problemas complejos a través de búsquedas de información, capaz de reconocer automática e implícitamente el comportamiento creativo. Por lo tanto, los modelos implementados en GoNSA deben permitir: 1) evaluar «*automáticamente*» la creatividad, a través de la discriminación de las habilidades asociativas inherentes a la calidad creativa; 2) evaluar «*automática*» e «*implícitamente*» la calidad creativa de las soluciones, por medio de la discriminación del comportamiento de búsqueda de información en la web y 3) promover una mejora en la calidad creativa de las soluciones, a través de herramientas automáticas que brinden un «*soporte creativo*» durante la búsqueda de información, como indicadores de esfuerzo y recomendaciones de términos para las consultas.

En la Figura 16 se presentan las hipótesis planteadas en esta tesis, así como los modelos desarrollados y el diseño experimental implementados en GoNSA para la captura del comportamiento de los usuarios y la validación de las hipótesis. Para la evaluación automática de la creatividad (H1) se implementaron dos modelos de usuario basados en: 1) Bolsa de palabras y 2) Características Creativas; y se analizó el comportamiento de asociación de palabras registrado en GoNSA. En cuanto a la evaluación automática e implícita de la calidad creativa de las soluciones (H2), se desarrollaron tres modelos de usuario basados en: 1) los puntos de vista implícitos en las consultas, 2) la diversidad de las consultas y 3) las características creativas; y se extrajo el comportamiento de la búsqueda de información. Finalmente, para la evaluación del soporte creativo del sistema de búsqueda (H3) se elaboraron dos modelos: 1) esfuerzo creativo y 2) recomendación de términos creativos; y se configuraron grupos de control y experimental para determinar la influencia de estas extensiones en la plataforma.

A continuación, se describen los diseños experimentales y los modelos de usuario implementados para evaluar automáticamente la creatividad por medio de las asociaciones de conceptos (5.1); evaluar automática e implícitamente la calidad creativa de las soluciones, a través del análisis del patrón de asociación de consultas (5.2); y promover la calidad creativa de las soluciones, por medio de la extensión de GoNSA basada en el comportamiento de individuos con alta creatividad (5.3).

**Materiales y Métodos**

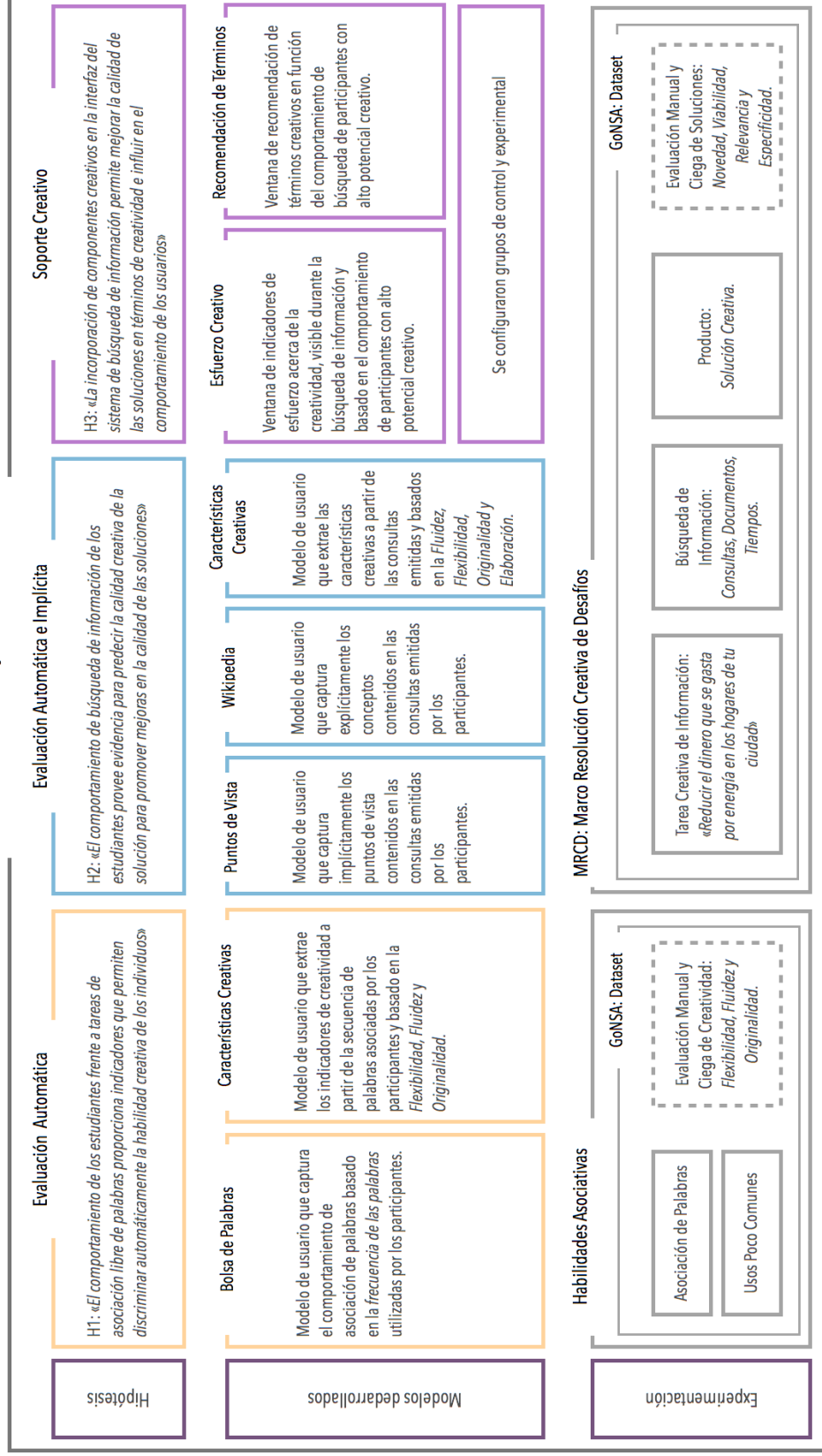


Figura 16: Materiales y Métodos (elaboración propia).

## 5.1. Evaluación automática de la creatividad

La creatividad se ha evaluado por medio de procedimientos que demuestran las habilidades de asociación (asociación de palabras) o el pensamiento divergente, con el propósito de extraer características que modelan las habilidades asociativas y el pensamiento divergente de los individuos. Basados en esta propiedad de los instrumentos de evaluación de la creatividad, trabajos previos han propuesto modelos computacionales que buscan simular el proceso de asociación que regula el proceso creativo, pero sin llegar a evaluar de manera automática la creatividad (Gross et al., 2012; Toivonen et al., 2013; Velde et al., 2015). Con el objeto de avanzar en esta línea, el primer acercamiento a la evaluación automática de la creatividad propuesto en esta tesis corresponde al diseño de un modelo de usuario que permita discriminar el comportamiento de los estudiantes creativos en función del comportamiento que evidencian durante tareas de asociación de palabras.

### *Hipótesis 1.*

«El comportamiento de los estudiantes frente a tareas de asociación libre de palabras proporciona indicadores que permiten **discriminar automáticamente** la habilidad creativa de los individuos»

### *Procedimiento.*

Con el propósito de recoger un conjunto de datos acerca del comportamiento asociativo de los individuos en estudio, se implementaron los protocolos de evaluación creativa basados en 1) la asociación libre de palabras y 2) los usos alternativos, ambos utilizados con regularidad por la comunidad científica.

- Asociación libre de palabras: A los individuos se les invitó a escribir la mayor cantidad de palabras asociadas a «Libro» («Puerta») durante 60 segundos.
- Usos alternativos: A los individuos se les invitó a escribir la mayor cantidad de usos alternativos para el objeto «Zapato» («Silla») durante 60 segundos.

La experimentación fue dirigida por el autor de esta tesis y se realizó en una sala de computadores de la Universidad de Deusto. En la plataforma GoNSA se registraron todas las respuestas entregadas por los individuos durante la experimentación, así como sus marcas de tiempo.

Para determinar la calidad creativa de los individuos, se evaluaron las respuestas al protocolo de «usos alternativos» de manera anónima y aleatoria por dos revisores externos. La evaluación de los usos alternativos de cada individuo se realizó indicando, por medio de una escala de Likert (5), el nivel de Flexibilidad, Fluidez y Originalidad. La evaluación final correspondió a la ponderación simple de las evaluaciones de ambos revisores.

Finalmente, se construyó un conjunto de datos del comportamiento asociativo de los participantes, es decir, se obtuvieron las palabras asociadas que generó cada individuo y la etiqueta creativa (no creativa), a partir de la evaluación del pensamiento divergente.

### *Participantes.*

El grupo de estudio estaba compuesto por estudiantes de sexto grado de primaria pertenecientes a dos escuelas de Bilbao (España), con una edad promedio de 11 años y conformado por un 53% de chicas. Se contó con el consentimiento informado de los padres o tutores legales. No obstante, ninguno de los materiales empleados en este procedimiento puede considerarse sensible u ofensivo.

### *Validación de Modelos*

Para validar la hipótesis de clasificación automática de la creatividad, se propusieron dos modelos de usuario que describen el comportamiento de los usuarios durante la resolución del protocolo de asociación libre de palabras, y que se describen a continuación. El primero, basado en la distribución de las palabras asociadas por los estudiantes utilizando la clásica bolsa de palabras (*Bag of Words*, BoW), mientras que el segundo está basado en las características creativas (*Features of Creativity*, FoC) que se pueden extraer del conjunto de datos. Con la utilización de ambos modelos, se entrenaron varios modelos clásicos de aprendizaje supervisado: Naïve Bayes, árboles de decisión, máquinas de vectores soporte y árboles aleatorios. Finalmente, se puso a prueba su poder discriminador en la tarea de clasificar automáticamente la creatividad de los individuos en función de las asociaciones generadas. Esta evaluación de los modelos se realizó siguiendo un protocolo de validación cruzada, dividiendo el conjunto de datos en  $k$  grupos. Por lo tanto, en  $k$  iteraciones se utilizaron  $k-1$  grupos para entrenar los clasificadores, mientras que el grupo restante se utilizó para obtener los niveles de acierto alcanzados por los clasificadores.

A continuación, se describen los modelos propuestos para la clasificación automática de la creatividad: 1) Bolsa de asociación de palabras (BoW) y 2) Características Creativas (FoC).

### 5.1.1. Modelo: Bolsa de Asociación de Palabras

La bolsa de palabras es un modelo básico dentro del procesamiento de lenguaje natural y permite describir el contenido de los documentos en función de la distribución de las palabras (Collobert, Weston, Bottou, & Karlen, 2011). Cada documento  $d_j$  queda definido por un vector de palabras y una función de su frecuencia (ec. 1).

$$d_j = (f(w_1), f(w_2), \dots, f(w_n)) \forall w_i \in W \quad (4)$$

$d_j$  es un documento y  $f(w_i)$  corresponde a la función que define la relación entre la palabra  $w_i$  y el documento  $d_j$ , mientras que  $w_i$  se encuentra dentro del diccionario  $W$ . La función de frecuencia comúnmente utilizada describe la originalidad de la palabra en relación al documento que la contiene, y en relación a todos los documentos que conforman la colección (ec. 2).

$$tfidf(t, d, D) = tf(t, d) \times idf(t, D) \quad (5)$$

Donde  $tf(t, d)$  corresponde a la frecuencia del término  $t$  dentro del documento  $d$ , mientras que  $idf(t, D)$  representa la novedad del término  $t$  en el conjunto  $D$  de todos los documentos de la colección.

Considerando el proceso de asociación libre de palabras utilizado durante la experimentación, el modelo de bolsa de palabras y la medida de frecuencia de los términos, un documento de asociación  $d_j^a$  se define como el conjunto de todas las palabras que ha emitido un individuo frente una palabra clave  $q^s$  (ec. 3).

$$d_j^a(q^s) = \bigcup_k^{|U|} Q^k(q^s) \quad (6)$$

Mientras que la función que mide la frecuencia de cada palabra (ec. 4) queda definida por medidas de originalidad en relación a la colección de documentos y de fluidez temporal en relación a la marca de tiempo en que ha sido emitida.

$$tf(w_i) = \sum_{j=1}^{|D|} \left[ \frac{f(w_i, d_j)}{\max\{f(w, d_j) \mid w \in d_j\}} \times \frac{t_i}{|T|} \right] \quad (7)$$

Por lo tanto, el modelo de usuario propuesto que representa el comportamiento asociativo de los individuos, queda completamente definido en base al vector de palabras, las palabras emitidas  $W^u$  y la función de frecuencia de términos basada en originalidad y fluidez (ec. 5).

$$U_{BoW} = \bigcup_{i=1}^{|W|} \begin{cases} tf(w_i), w \in W^u \\ 0, \text{ otro caso} \end{cases} \quad (8)$$

### 5.1.2. Modelo: Características Creativas

El pensamiento divergente y las capacidades asociativas han demostrado ser buenos predictores de la creatividad de los individuos (Benedek, Könen, et al., 2012). Desde los primeros procedimientos para la evaluación de esta habilidad, se han propuesto actividades que permiten medir la Fluidez con la que se generan las ideas, la Flexibilidad de las asociaciones generadas por los individuos, la Originalidad de las alternativas y el nivel de Elaboración que presentaban las ideas durante el proceso creativo (Beaty et al., 2014; Coney & Serna, 1995; Mednick, 1962; Torrance & Goff, 1990). Por lo tanto, en esta tesis se propuso un modelo de usuario que obtiene indicadores creativos a partir de las acciones emprendidas por los estudiantes durante la búsqueda de información.

Primero, se determinó la «fluidez» de los individuos por medio de la variación de tiempo en la cual fueron emitidas cada una de las palabras asociadas proporcionadas. Así, por medio del conjunto de marcas de tiempo  $T$  registradas en GoNSA para cada usuario  $u$  es posible calcular la varianza y, por lo tanto, obtener una medición de la fluidez de asociación de los individuos (ec. 6).

$$t_v^u(q^s) = \text{var}(t_1, t_2, \dots, t_n) \quad \forall t_i \in T^u \quad (9)$$

Segundo, se determinó la «flexibilidad» que presentaban los individuos durante la tarea de asociación libre de palabras, es decir, la diversidad interna de las asociaciones realizadas por cada individuo. Por medio del tipo de palabra emitida se puede inferir un indicador de diversidad, y se calcula la variación de las categorías léxicas  $l$  del conjunto de palabras  $W^u$  emitidas por cada individuo ante la palabra de estímulo (ec. 7).

$$l_v^u(q^s) = \text{var} (w_1^l, w_2^l, \dots, w_n^l) \quad \forall w_i \in W^u \quad (10)$$

Tercero, se definió la «originalidad» de las asociaciones realizadas por los individuos por medio de atributos basados en la frecuencia de los términos utilizados y la frecuencia relativa al conjunto de términos emitidos. El primer indicador permite determinar la originalidad de los términos emitidos por cada individuo en relación al conjunto de palabras emitidas (ec. 8).

$$wf_v^u(q^s) = \text{var} (f(w_1, d^u), \dots, f(w_n, d^u)) \quad \forall w_i \in W^u \quad (11)$$

Mientras que el segundo atributo mide la originalidad de los términos en relación al momento temporal en el cual fueron emitidos (ec. 9), ya que se ha determinado que la originalidad incrementa con el tiempo (Benedek & Neubauer, 2013).

$$t.f^u(q^s) = \left[ \frac{t_1}{|T|}, \dots, \frac{t_n}{|T|} \right] \cdot [f(w_1, d^u), \dots, f(w_n, d^u)] \quad \forall w_i \in W^u \quad (12)$$

Por lo tanto, el usuario queda completamente definido por las características creativas de «fluidez», «flexibilidad» y «originalidad» extraídas del comportamiento durante la asociación libre de palabras, que depende a su vez de la palabra clave proporcionada a los individuos (ec. 10). Así, la representación del modelo se basa en un vector que integra los indicadores de las características creativas para cada una de las palabras clave utilizadas.

$$fv^u(q^s) = \langle t_v^u(q^s), l_v^u(q^s), wf_v^u(q^s), t.f^u(q^s) \rangle \quad (13)$$

Finalmente, el modelo de usuario queda compuesto por cada uno de los vectores de características creativas, que han sido generados a partir del conjunto de palabras emitidas por los individuos frente a cada palabra clave (ec. 11).

$$U_{FoC} = \bigcup_{i=1}^{|Q|} fv^u(q_i^s) \quad (14)$$

## 5.2. Evaluación automática e implícita de la calidad creativa de las soluciones

La búsqueda de información es crucial en la actualidad, y especialmente en los procesos de aprendizaje, ya que permite la construcción autónoma de conocimiento dirigida por la resolución de problemas y basada en la recuperación de piezas de información relevantes y útiles a la tarea. Este proceso varía en complejidad dependiendo de las habilidades personales de los individuos que utilizan sistemas informáticos, del conocimiento previo acerca del problema, de las características de la tarea a resolver, de las funcionalidades del sistema de búsqueda de información y de las restricciones propias del proceso de resolución de problemas.

El proceso de búsqueda de información se puede ver como una tarea de asociación, que proporciona indicios sobre las habilidades de recuperación de información desde la memoria de trabajo de los individuos basado en medidas semánticas (Mednick, 1962). Así, las tareas de asociación de palabras permiten visibilizar las estrategias de asociación que emprenden los individuos (e.j. asociaciones temáticas) debido al proceso de recuperación de información subyacente en estas tareas. Un conjunto particular de tareas de asociación de palabras se basa en proporcionar a los individuos una palabra que estimula procesos asociativos, y estos deben recuperar desde su memoria de trabajo un conjunto de términos vinculados con la palabra estimulante.

El proceso de búsqueda se encuentra dirigido por una necesidad definida dentro de una tarea de información, la cual estimula procesos asociativos por parte de los individuos durante su resolución. Por ello, estas tareas permiten visibilizar las estrategias de asociación de conceptos que describen los individuos mientras exploran la web para obtener información relevante o útil al problema de información.

El Marco para la Resolución Creativa de Desafíos (MRCD) aquí propuesto establece una estrecha relación entre las tareas de asociación de palabras y el proceso de búsqueda de información. En ambos casos se presentan elementos estimuladores de las habilidades asociativas, ya sean palabras o necesidades de información; y se producen asociaciones de conceptos que modelan las estrategias utilizadas por los individuos para recuperar la información, ya sean palabras o consultas. El MRCD se fundamenta en el proceso de búsqueda dirigido por la resolución de un problema de información y, por ende, conlleva la elaboración de una solución, que se espera sea creativa. Finalmente, se puede estudiar y modelar el comportamiento de los individuos en relación a la calidad creativa de las soluciones elaboradas.

Esta tesis propone la construcción de varios modelos de usuario que permitan discriminar automática e implícitamente el comportamiento de búsqueda de información que describe a los estudiantes que resuelven de manera creativa desafíos complejos de información. Lo anterior, con el propósito de predecir automática e implícitamente la calidad creativa de las soluciones elaboradas por los individuos y, por consiguiente, contribuir con la mejora de la calidad creativa de las soluciones a través del desarrollo de herramientas de soporte al proceso de búsqueda creativa.

### *Procedimiento.*

Con el propósito de construir el conjunto de datos acerca del comportamiento de búsqueda de información de los individuos en estudio, se implementó el MRCD. Es decir, el Diseño de desafíos que promuevan un proceso interactivo de búsqueda; la Resolución Creativa de Desafíos que provea de los datos del patrón de búsqueda; y la Revisión de las soluciones que brinde un indicador de la calidad creativa alcanzada en el proceso de resolución de desafíos complejos o creativos.

Los desafíos influyen directamente en el nivel de interacción o esfuerzo durante la búsqueda de información, dependiendo de su complejidad. Puesto que el propósito de esta investigación es el estudio del comportamiento de búsqueda durante la resolución de desafíos creativos, se ha propuesto el diseño de una tarea de información heurística, es decir, con un bajo número de restricciones, con una amplia variedad de soluciones posibles y de formas de alcanzarlas, y también, dentro de un conocimiento general para los participantes. Por lo tanto, se diseñó una tarea de información en el ámbito del consumo de energía. En la Tabla 1 se detalla el desafío resuelto por los estudiantes, cuyo objetivo principal era: «*Reducir el dinero que se gasta por energía en los hogares de tu ciudad*», por consiguiente, los participantes deben elaborar una solución creativa para reducir el consumo de energía en sus hogares. Finalmente, este desafío quedó disponible en la plataforma GoNSA para que fuera visible por todos los participantes.

Objetivo	Resumen	Descripción
Reducir el dinero que se gasta por energía en los hogares de tu ciudad.	El consumo de energía en los hogares es cercano al 20% de la energía consumida en el país entero y afecta directamente la economía de las familias.	El consumo de energía en los hogares equivale a gastar cerca de 1.000 € al año. Asimismo, existen en promedio 23 bombillas de diversos tipos en cada uno de los hogares. Además, hay cada día más dispositivos electrónicos consumiendo energía: frigorífico, congelador, TV, Lavadora, Secadora, Ordenadores, Tablet, etc. Finalmente, estos dispositivos están conectados casi todo el día.

Tabla 1. Tarea desarrollada por los Estudiantes

El proceso de resolución creativa de desafíos tiene como propósito principal la recolección de datos acerca del comportamiento de búsqueda de información durante la resolución de problemas y las soluciones elaboradas por los participantes. Este conjunto de datos conforma la base necesaria para la construcción y evaluación de los modelos de usuario propuestos en esta tesis.

La preparación de las intervenciones comprende tanto el proceso de autorización por parte de los tutores de los participantes, como la configuración de las cuentas de usuarios que serán utilizadas por aquellos que accedan informada y libremente a participar. Debido a que los participantes de las experimentaciones eran menores de edad, los tutores legales debían firmar un consentimiento informado (Anexo A), en el cual se indicaba el propósito de la actividad, el contexto en el cual se enmarca, la información a registrar, el tratamiento que tendrá dicha información, así como la libertad de retirarse de la experimentación cuando lo estimen necesario. En cuanto a la información registrada en GoNSA, corresponde a datos demográficos y de comportamiento acerca de usuarios anónimos, por lo que se asegura la confidencialidad de los participantes. Asimismo, durante cada sesión los participantes fueron agrupados por curso y las cuentas fueron activadas en la plataforma para el uso exclusivamente durante la intervención correspondiente.

El desarrollo de las experimentaciones del proceso de resolución creativa de desafíos fue en las instalaciones de los centros educativos, utilizando los recursos tecnológicos disponibles y dentro del horario lectivo. Asimismo, las intervenciones fueron dirigidas por el autor de esta tesis con la colaboración de un representante de cada centro educativo.

La estructura de cada sesión de intervención se compone de 1) la introducción, donde se presenta a los participantes el propósito y las instrucciones generales de la actividad; 2) la entrega de accesos, donde se brinda a los participantes las cuentas de usuario; 3) el desarrollo, donde los participantes resuelven el desafío creativo; y 4) el cierre, donde se

describe a los participantes tanto las características como los beneficios del proceso de búsqueda de información.

Durante la etapa de introducción de las sesiones de intervención se describía tanto el propósito de la actividad como las instrucciones, que se encontraban también dentro de la plataforma tecnológica utilizada-GoNSA- y cuya interfaz contaba con una gran cantidad de mensajes de ayuda para apoyar la autonomía de los estudiantes durante la intervención.

En el desarrollo de la actividad, los participantes contaban con un máximo de 35 minutos para resolver el desafío creativo planteado, lo realizaban de manera autónoma, sin la intervención de los profesores ni del investigador principal; y seguían la estrategia que personalmente estimaran apropiada para alcanzar la solución creativa. Además, con el propósito de no influir en el proceso autónomo de resolución del desafío por parte de los participantes, se coartaron motivaciones extrínsecas asociadas a la realización exitosa de la actividad, eliminando beneficios académicos o premios por la participación exitosa de los estudiantes.

Finalmente, la Revisión de las soluciones elaboradas por los participantes ha sido desarrollada con el fin de determinar qué patrones de búsqueda de información han llevado hacia una solución creativa y, por lo tanto, construir y validar los modelos de usuario propuestos.

La evaluación se desarrolló por un grupo de revisores seleccionados en base a las siguientes variables: 1) dominio del área de conocimiento del problema, 2) experiencia en la formación de la creatividad y 3) experiencia en aula. En consecuencia, se han seleccionado tres revisores que tienen niveles de experiencia medio alto o alto en una de estas variables con el fin de tener diversidad en el proceso de evaluación. Por ello, los revisores seleccionados son un Investigador en el área de Consumo de Energía, un Académico con experiencia en la formación de la creatividad y un Profesor de educación primaria y secundaria.

Para la evaluación de la calidad creativa de las soluciones, los revisores recibían las soluciones a través de la plataforma de manera secuencial, anónima y seleccionadas de manera aleatoria del conjunto de datos válido. Los revisores ponderaron cada una de las ocho sub-dimensiones de la rúbrica de evaluación de ideas creativas que se ha utilizado, y que ha demostrado tener un alto nivel de confiabilidad inter-revisor. Esta rúbrica fue elaborada a partir de un detallado estudio del estado del arte en métodos de evaluación de productos o ideas creativas desarrollado por Dean et al., y también se ha validado la contribución de cada una de las

dimensiones finalmente incluidas en la métrica, que se agrupan en: Novedad, Viabilidad, Relevancia y Especificidad (Dean & Hender, 2006).

### *Participantes.*

El conjunto de datos utilizado para la construcción y validación de los modelos de usuario corresponde a la aplicación del MRCD a dos grupos de estudiantes, cuyas edades estaban comprendidas entre los 10 y los 12 años. El primer grupo de estudiantes pertenece a un colegio de España (40%), conformado por un 52% de chicos. Mientras que el segundo grupo de estudiantes pertenece a un colegio de Chile (60%), donde los chicos representan un 46% y las chicas un 54%. Se contó con el consentimiento informado de los padres o tutores legales. No obstante, ninguno de los materiales empleados en este procedimiento puede considerarse sensible u ofensivo.

### *Hipótesis 2.*

Considerando que el proceso de búsqueda de información tiene una estrecha relación con las tareas de asociación de palabras, que las habilidades asociativas tienen una alta correlación con la capacidad creativa y que los instrumentos de evaluación utilizados requieren de un alto esfuerzo para su aplicación, se propone la siguiente hipótesis:

«El comportamiento de búsqueda de información de los estudiantes proporciona evidencia para **predecir implícita y automáticamente** la calidad creativa de la solución para promover mejoras en la calidad de las soluciones»

A continuación, se describen tres modelos de usuario propuestos en este trabajo, que se basan en la diversidad presente en las asociaciones de consultas obtenida por medio de puntos de vistas implícitos, en la diversidad del patrón de consultas calculada explícitamente utilizando Wikipedia y en un conjunto de características creativas.

#### *5.2.1. Modelo: Diversidad basada en Puntos de Vista*

El conjunto de consultas emitidas define las cadenas de asociaciones realizadas por los individuos durante la resolución del desafío, donde cada consulta se puede vincular a un propósito concreto y, por ende, cada secuencia de asociaciones modelar una estrategia implícita y específica. Por consiguiente, se establece la siguiente hipótesis:

*Hipótesis 2.1.*

«La diversidad semántica implícita en la emisión de consultas realizadas por un estudiante durante la búsqueda de información, como medio de resolver creativamente un desafío (problema), permite **predecir implícita** y **automáticamente** la calidad creativa que tendrá la solución»

*Modelo de usuario.*

El proceso de búsqueda de información se puede modelar como una tarea de recuperación de consultas, similar a la tarea de asociación de palabras. En consecuencia, cada uno de los participantes emite una cadena de consultas durante la recuperación de información para resolver o satisfacer un desafío o problema de información  $d^e$  y, por tanto, se conforma el conjunto de cadenas de consultas (ec. 12).

$$Q(d^e) = \begin{bmatrix} Q^{u_1}(d^e) \\ \dots \\ Q^{u_2}(d^e) \end{bmatrix} \quad (15)$$

Este conjunto de consultas contiene de manera implícita los distintos intereses o puntos de vista que han sido empleados por los individuos durante su exploración del espacio de información. Cada una de estas vistas representa un camino asociativo entre las representaciones del problema construidas por cada individuo y las piezas de información que esperan encontrar durante el proceso heurístico de exploración. Es decir, cada una de las consultas emitidas contiene una carga semántica que provee de indicios acerca de las heurísticas utilizadas para alcanzar la información relevante o útil. Por lo tanto, los puntos de vista delimitan la estrategia asociativa de búsqueda de información, la cual se sustenta en los puntos de vistas considerados en cada movimiento o consulta emitida (ec. 13).

$$Q^{u_i}(d^e) = \begin{bmatrix} q_1^{u_i}(d^e) \rightarrow V_1(d^e) \\ \dots \quad \dots \quad \dots \\ q_n^{u_i}(d^e) \rightarrow V_n(d^e) \end{bmatrix} \quad (16)$$

Por lo tanto, cada consulta  $q_j^{u_i}$  emitida por el usuario  $u_i$  tiene asociada un conjunto de puntos de vista  $V_1(d^e)$ , que a su vez configuran tanto las estrategias de búsqueda como las heurísticas empleadas.

No obstante, los puntos de vista son desconocidos y dependen de las estrategias empleadas por cada uno de los participantes en el proceso de

resolución del desafío, en función tanto de sus habilidades personales, como de sus conocimientos previos. Por lo tanto, se propone el descubrimiento automático de un grupo de puntos de vista a partir de un conjunto de consultas previamente emitidas por medio de un modelo de aprendizaje no supervisado (ec. 14).

$$Q(d^e) = \begin{bmatrix} q_1^{u_1}(d^e) \\ \dots \\ q_m^{u_n}(d^e) \end{bmatrix} \rightarrow V(d) = \langle v_1, v_2, \dots, v_k \rangle \quad (17)$$

Donde cada consulta  $q_i^{u_j}$  es representada a través de un modelo binario de bolsa de palabras con el fin de calcular la similitud entre cada una de ellas y, así, inferir los puntos de vista implícitos en las consultas emitidas.

En consecuencia, cada consulta queda representada por medio de las oportunidades de moverse hacia cada uno de los puntos de vista después de haber obtenido los resultados de la búsqueda (ec. 15).

$$DQ(q_i) = \langle s(v_1|q_i), s(v_2, q_i), \dots, s(v_k, q_i) \rangle \forall v \in V(d^e) \quad (18)$$

Así, la probabilidad de seleccionar un punto de vista a través de una consulta depende de la similitud entre ambos conceptos. Por consiguiente, la diversidad de las consultas queda definida por medio de sus similitudes con los puntos de vista, es decir, la consulta tendrá mayor diversidad mientras mayor sea la similitud entre las probabilidades de moverse a cada uno de los puntos de vista a partir de ésta.

Finalmente, el modelo de usuario basado en la diversidad de las consultas en función de los puntos de vista descubiertos implícitamente del patrón de búsqueda de información queda completamente definido por la diversidad media del conjunto de consultas emitidas por el usuario  $u_i$  (ec. 16).

$$Q^{u_i}(d^e) = \left\langle \begin{matrix} s(v_1|q_1), s(v_2, q_1), \dots, s(v_k, q_1) \\ \dots \\ s(v_1|q_n), s(v_2, q_n), \dots, s(v_k, q_n) \end{matrix} \right\rangle \forall v \in V(d^e) \quad (19)$$

### *Validación del modelo.*

Para validar la hipótesis se utilizó la información obtenida del modelo de usuario basado en la diversidad implícita de las consultas para, con ello, clasificar automática e implícitamente la calidad creativa de las soluciones. Por ello, se entrenaron y probaron diversos modelos de aprendizaje supervisado: Naïve Bayes (NB), Árboles de decisión (árbol), Máquinas de vectores soporte con varios núcleos (Sigmoid, Poly y Lineal). Debido a que el modelo se sustenta en el descubrimiento de puntos de vista, se construyeron varias representaciones del modelo en función de la cantidad  $k$  de puntos de vistas, con el propósito de determinar la influencia de este parámetro en el poder discriminador del modelo de usuario y, en consecuencia, en el rendimiento de los clasificadores.

Para validar la calidad de los modelos entrenados se definieron 10 pares de grupos de muestras de comportamientos de usuarios por medio de un muestreo estratificado. El primer grupo se utilizó para entrenar los algoritmos de clasificación utilizando las representaciones del comportamiento de búsqueda construidas a partir del modelo de usuario, mientras que el segundo grupo de muestras fue utilizado para evaluar el nivel de certeza de los clasificadores por medio de un esquema de validación cruzada.

#### *5.2.2. Modelo: Diversidad basada en Wikipedia*

El conjunto de consultas emitidas define las estrategias asociativas desarrolladas por los individuos durante la resolución del desafío creativo, donde cada consulta se puede vincular con un propósito concreto pero desconocido. No obstante, es posible identificar las relaciones de las consultas con los conceptos implícitos en la tarea de información por medio de la utilización de conocimiento explícito. Por consiguiente, se establece la siguiente hipótesis:

#### *Hipótesis 2.2.*

«La diversidad semántica explícita en la emisión de consultas realizadas por un estudiante durante la búsqueda de información, como medio de resolver creativamente un desafío (problema), permite **predecir implícita** y **automáticamente** la calidad creativa que tendrá la solución»

#### *Modelo de usuario.*

Sobre la base de que las personas más creativas son aquellas capaces de generar asociaciones de conceptos que se encuentran remotos entre sí,

con el propósito de elaborar nuevos espacios conceptuales (Mednick, 1962), se propone un modelo de usuario que se sustenta en la diversidad de las asociaciones conceptuales implícitas dentro del comportamiento de búsqueda de información por medio de la utilización de conocimiento explícito.

El modelo de usuario debe capturar la diversidad de asociación inherente en el patrón de emisión de consultas emitidas, con el propósito de discriminar automática e implícitamente la calidad creativa de las soluciones elaboradas para el desafío  $d^e$  (ecuación 17).

$$\phi(Q_d^u) \sim \sum_q^{|Q_d^u|} \text{dist}(q_j^u, d^e) \quad (20)$$

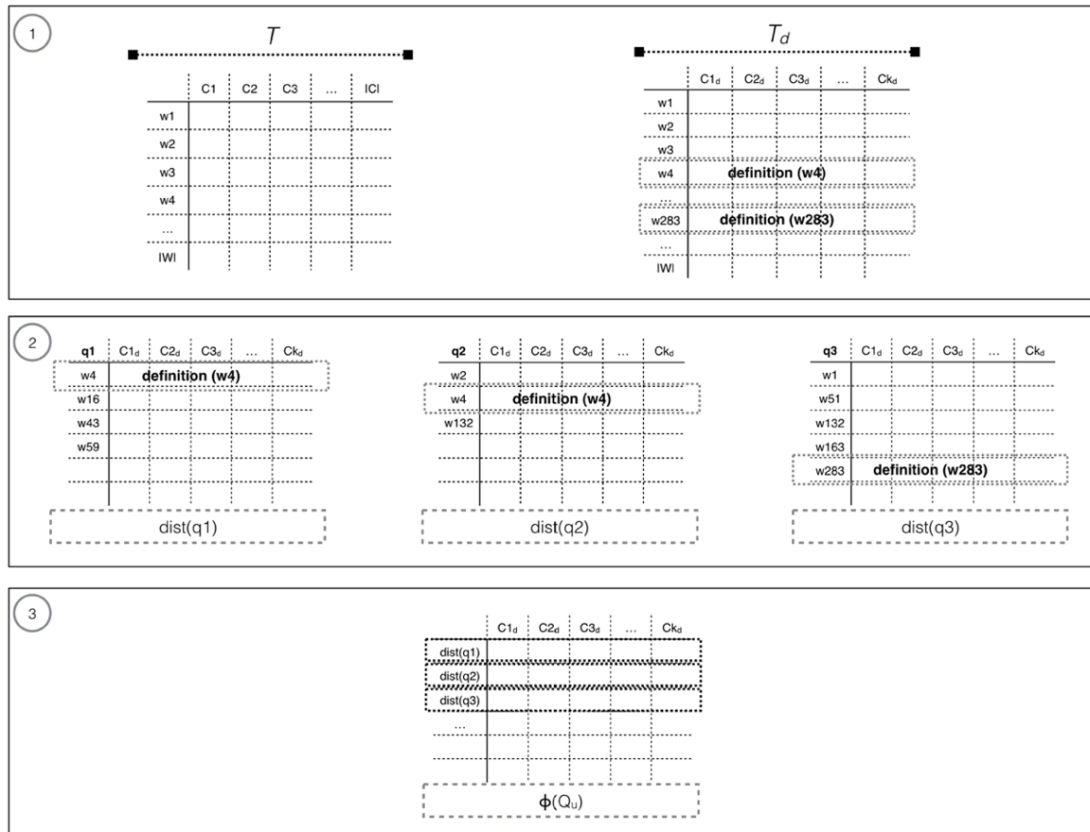
Donde  $\text{dist}(\cdot, \cdot)$  es una medida de la diversidad de una consulta  $q_j^u$  para el desafío  $d^e$  y  $\phi$  es un vector de similitudes entre las consultas y los  $c$ -conceptos más relevantes al desafío según Wikipedia (ecuación 18).

El cálculo de la diversidad de las consultas se realiza utilizando Wikipedia como base de conocimiento. Para ello, seguimos el esquema de similitud de textos denominado Análisis Semántico Explícito, «ESA» por sus siglas en inglés (Gabrilovich & Markovitch, 2007). Este esquema consiste en implementar una matriz  $T$  que establece una similitud entre las palabras  $w$  y los artículos (conceptos  $c$ ) contenidos en la Wikipedia en Español, donde hemos utilizado un respaldo correspondiente al 18 de mayo de 2015. Sin embargo, debido a que existe una inmensa cantidad de artículos, se han considerado sólo aquellos con 400 palabras o más en su descripción.

Para obtener la diversidad entre las consultas  $Q_d^u$  y el desafío,  $d^e$ , se calcula la similitud semántica de cada una de las consultas emitidas por el usuario a los  $k$  conceptos más relevantes del desafío. Para ello, se calcula la similitud de todos los conceptos obtenidos desde la Wikipedia,  $T$ , con respecto a los términos utilizados en el desafío,  $d^e$ , y se ordenan en una lista de manera decreciente para retener desde la matriz  $T$  la porción asociada a los  $k$  primeros conceptos en una lista  $C_d^k$ . Finalmente, desde esta lista  $C_d^k$  se obtienen las filas asociadas a cada uno de los términos o palabras  $w$  utilizados en cada consulta  $q_j^u$ , con los que se obtiene un vector promedio que representa la distancia semántica de las palabras de la consulta  $q_j^u$  con respecto al desafío  $d^e$ . En la Figura 17 se describe el proceso completo del cálculo de la diversidad.

$$\text{dist}(q_j^u, d^e) = \frac{\sum C_d^k(Wt_j^u)}{|W_j^u|} \quad (21)$$

Donde  $W_j^u$  son las palabras utilizadas por el usuario  $u$  en la consulta  $j$ .



(1) la obtención de los  $k$  conceptos más relevantes al desafío hasta (2) el cálculo de la distancia de cada consulta y (3) el cálculo de la diversidad de las consultas.

Figura 17: Cálculo de la diversidad de las consultas basado en Wikipedia.

### Validación del modelo.

Para validar la hipótesis se utilizó la información obtenida del modelo de usuario basado en la diversidad de las consultas, y con ello, se entrenaron y probaron árboles aleatorios. Además, se comparó el resultado del modelo de diversidad de las consultas ( $\Phi_d$ ) propuesto en este trabajo con un trabajo previo basado en el modelos de agrupamiento ( $\Phi_p$ ) para descubrir automáticamente puntos de vistas desde un conjunto de datos de consultas emitidas para la resolución del desafío (Olivares-Rodríguez & Guenaga, 2015). Ambos modelos se sustentan en la diversidad de las consultas, solo que el modelo de diversidad de consultas depende de la cantidad  $k$  de

conceptos de Wikipedia más relevantes a la tarea considerados para el cálculo de la similitud de las consultas, mientras que el modelo basado en puntos de vista depende de la cantidad  $k$  de puntos de vistas que sean considerados en el cálculo de la diversidad de las consultas. Por lo tanto, se considerarán varios valores para  $k$  con el fin de analizar la influencia de la cantidad de conceptos o puntos de vistas en el desempeño de los clasificadores.

Para validar la calidad de los modelos entrenados se definieron 10 pares de grupos de muestras de comportamientos de usuarios por medio de un muestreo estratificado. El primer grupo se utilizó para entrenar los árboles aleatorios en función de los modelos de usuario evaluados ( $\phi_v$ ,  $\phi_d$ ), mientras que el segundo grupo de muestras fue utilizado para evaluar la calidad de los modelos entrenados, siguiendo un esquema de validación cruzada basado en dejar una muestra afuera para la validación, debido a la reducida cantidad de muestras. Como métricas del desempeño de los modelos se utilizaron la sensibilidad, o proporción de positivos correctamente clasificados; la especificidad, o proporción de negativos correctamente clasificados; y el espacio bajo la curva (ROC).

### *5.2.3. Modelo: Características Creativas*

Durante la resolución creativa de problemas, las personas evidencian sus habilidades de asociación, principalmente por medio de las acciones emprendidas durante la etapa de búsqueda de información. Si el problema propuesto es suficientemente complejo, esta etapa de búsqueda de información será más interactiva (Wu et al, 2012). Por lo tanto, genera una mayor probabilidad de alcanzar ideas creativas por medio de Serendipia, Similitud o Mediación, debido a que se orientan a alcanzar un mayor grado de cobertura en el análisis de los resultados y a que fomentan el desarrollo intelectual (White and Roth, 2009). En consecuencia, a partir de las interacciones realizadas por los individuos durante el proceso de búsqueda, es posible inferir indicadores que implementan las principales características creativas utilizadas en gran parte de los instrumentos de evaluación: Fluidez, Flexibilidad, Originalidad y Elaboración. Por lo tanto, se formula la siguiente hipótesis:

#### *Hipótesis 2.3.*

«El patrón de consultas emitidas durante la búsqueda de información por parte de los estudiantes proporciona indicadores creativos que permiten **predecir implícita y automáticamente** la calidad creativa de la solución elaborada»

### *Modelo de usuario.*

El modelo que presentamos pretende obtener indicadores predictores de la creatividad a partir del análisis de estos patrones de búsqueda y la formalización de las características creativas de Flexibilidad, Fluidez, Originalidad y Elaboración.

La Flexibilidad corresponde a la capacidad que tienen los participantes de generar una amplia diversidad de asociaciones y depende de la cantidad de grupos diversos de asociaciones que son formuladas. La formalización de este atributo para la creatividad se sustenta en el concepto de Cadena de Consultas, es decir, cada consulta está vinculada exactamente a la consulta emitida previamente. Por lo tanto, la definición de flexibilidad dentro del modelo propuesto se divide en dos características: Flexibilidad exacta (F) y Flexibilidad semántica (W). Estas dos características se modelan a partir de la Flexibilidad, que se mide en función del promedio de reformulaciones de consultas realizadas por los participantes, donde una reformulación corresponde a cualquier cambio realizado entre una consulta emitida en un tiempo  $t$  y una emitida en el tiempo  $t + 1$ .

Una primera medida de la similitud de las consultas se obtiene de manera exacta (ecuación 19):

$$F(Q^u) = \frac{\sum_{i=0}^{|Q^u|-1} c(q_i, q_{i+1})}{|Q^u| - 1} \quad (22)$$

Donde  $Q^u$  corresponde al conjunto de consultas  $q_i$  emitidas por el participante  $u$  durante la resolución del desafío. Además,  $c(\cdot, \cdot)$  determina si dos consultas adyacentes son exactamente las mismas (ecuación 20).

$$c(q_i, q_{i+1}) = \begin{cases} 1, & \text{if } q_i \neq q_{i+1} \\ 0, & \text{if } q_i = q_{i+1} \end{cases} \quad (23)$$

Otra medida de similitud se calcula por medio de un interpretador semántico, en este caso utilizaremos uno basado en *Explicit Semantic Analysis*, ESA (Gabrilovich & Markovitch, 2007), que depende de la cantidad  $k$  de conceptos más cercanos a la tarea y brinda una similitud de esos conceptos con los utilizados en cada consulta. Por lo tanto, la Flexibilidad corresponde al promedio de las similitudes entre consultas adyacentes emitidas por el participante (ecuación 21).

$$W(Q^u) = \frac{\sum_{i=0}^{|Q^u|-1} \kappa(q_i, q_{i+1})}{|Q^u| - 1} \quad (24)$$

Donde  $\kappa(\cdot, \cdot)$  calcula la similitud entre dos consultas adyacentes en base a los conceptos comunes según ESA.

La Fluidez corresponde a la capacidad que tienen los individuos de generar una gran cantidad de asociaciones dentro de un periodo de tiempo. La formalización de este atributo para la creatividad se basa en la frecuencia de consultas emitidas por un participante, ya sea en función del periodo de tiempo utilizado para la resolución del problema o bien en función del tiempo total disponible para la resolución. Por lo tanto, para la inclusión de estas variables en el modelo se considera la Fluidez Relativa ( $f$ , ecuación 22) y la Fluidez Total ( $t$ , ecuación 23).

$$f(Q^u) = \frac{|Q^u|}{T^u} \quad (25)$$

Donde  $T^u$  es el tiempo efectivo que ha utilizado el usuario para buscar información. Mientras que para el cálculo de la Fluidez total se considera el tiempo total  $T$  disponible para la resolución del desafío.

$$f(Q^u) = \frac{|Q^u|}{T} \quad (26)$$

Estas medidas serán iguales cuando el participante utilice todo el tiempo disponible para la resolución del desafío.

La Originalidad es la capacidad de los participantes de generar asociaciones globalmente novedosas. La formalización de este atributo se realiza por medio de la frecuencia relativa de las consultas más repetidas ( $M$ , ecuación 24).

$$M(Q^u) = \frac{\max_f f(q, Q^u)}{|u(Q^u)|} \quad (27)$$

Donde  $f(q, Q^u)$  es el conjunto de todas las frecuencias de las consultas emitidas por el usuario y  $u(Q^u)$  es el subconjunto de consultas únicas dentro de  $Q^u$ . De la misma forma se obtiene la originalidad mínima (ecuación 25).

$$M(Q^u) = \frac{\min_f f(q, Q^u)}{|u(Q^u)|} \quad (28)$$

Además, la originalidad se caracteriza por medio de la distancia promedio entre cada una de las consultas emitidas a la definición del desafío  $d^e$  (ecuación 26), que se calculan por medio del interpretador semántico y dependen de la cantidad  $k$  de conceptos más cercanos a la tarea.

$$O(Q^u) = \frac{\sum_{i=0}^{|Q^u|} \kappa(q_i, d^e)}{|Q^u|} \quad (29)$$

Esta propiedad describe la originalidad de las consultas con respecto al problema planteado.

La Elaboración es la capacidad de los participantes de brindar ideas o soluciones con gran detalle, y depende de la expresividad con la que estas son desarrolladas. La formalización de este atributo se calcula por medio de la variación de las longitudes emitidas ( $L$ , ecuación 27).

$$L(Q^u) = \text{var}[\text{long}(q_1), \dots, \text{long}(q_i)] \quad \forall q_i \in Q^u \quad (30)$$

Donde  $\text{long}(\cdot)$  calcula la longitud de cada consulta emitida por el usuario. De la misma forma se calcula el promedio ( $l$ , ecuación 28) de las longitudes de las consultas emitidas.

$$l(Q^u) = \frac{\sum_{i=0}^{|Q^u|} \text{long}(q_i)}{|Q^u|} \quad (31)$$

A partir de estos atributos, empleados en varios instrumentos de medición de la creatividad ampliamente utilizados por la comunidad, evaluamos cada una de las consultas realizadas por el participante en un desafío (ecuación 29).

$$Q^u(d^e) = [(q_1, t_1), (q_2, t_2), \dots, (q_n, t_n)] \quad \forall q_i \in Q^u \quad (32)$$

El conjunto de consultas  $Q^u$  que cada participante emite durante un determinado problema de información  $d^e$  modela la estrategia de asociación  $h_u^*$  utilizada para la resolución del problema planteado, donde avanza, consulta a consulta, hacia la elaboración de una solución  $S_u$  (ecuación 30).

$$h_u^*(d^e) = S^u(q_i, t_i | d^e) \therefore u \in U \wedge q_i \in Q^u \quad (33)$$

Con el objeto de evaluar la capacidad predictiva de estas características en la búsqueda de soluciones creativas, llevamos a cabo un experimento con más de 200 participantes. Los detalles se explican en las siguientes secciones.

### *Validación del modelo.*

La evaluación de la calidad del modelo se lleva a cabo en tres hitos escalonados: 1) Determinar la configuración de características creativas con mejor desempeño, 2) Obtener la cantidad apropiada de conceptos utilizados para la definición de las consultas en función de la tarea, y 3) Establecer un algoritmo de aprendizaje que mejor se ajuste al modelo de asociación creativa de consultas propuesto.

El primer hito se realiza por medio del diseño de un conjunto de 15 configuraciones distintas del modelo en base a las posibles combinaciones de las formalizaciones de las características creativas: Flexibilidad (WF), Fluidez (ft), Originalidad (MmO) y Elaboración (Ll). Esto permite determinar la configuración que brinda el mejor desempeño frente al problema de detección del potencial creativo de los estudiantes. Sobre estas configuraciones se ha desarrollado un esquema de validación cruzada, implementado en  $R^7$ , con 10 divisiones del conjunto de datos y 10 repeticiones de evaluación por cada división, utilizando Árboles de Decisión (rpart) como el algoritmo de línea base, y fijando los parámetros  $k$  en 5 y  $\alpha$  en 55%. Por cada instancia de ejecución de evaluación se han obtenido 1) la sensibilidad, o relación de clasificación correcta de instancias positivas; 2) la especificidad, o relación de clasificación correcta de instancias negativas; y 3) el espacio bajo la curva (ROC), o la relación entre las métricas anteriores. Este esquema de evaluación brinda aquella configuración de características que mejor resuelve el problema en base al mayor valor de espacio bajo la curva y sensibilidad. Dicha configuración será utilizada como base para la evaluación del parámetro  $k$ .

El segundo hito sobre el impacto de la cantidad de conceptos ( $k$ ) utilizados en la construcción de las definiciones, tanto de la tarea como de las consultas, considera la configuración que provee el mejor desempeño en el primer hito. Utilizando Árboles de Decisión (rpart) como el algoritmo de

---

<sup>7</sup> <https://www.r-project.org>

línea base, y fijando el parámetro alpha en 55% se varía el valor de k en el rango [5, 25] con un paso de 5. La evaluación se realiza de la misma forma que en el hito anterior, con validación cruzada en 10 divisiones, 10 repeticiones, y obteniendo las mismas métricas de desempeño.

En el último hito, se aplica un modelo de validación cruzada más exhaustivo para determinar la capacidad de generalización que alcanza la configuración del modelo obtenido en los dos primeros hitos: características creativas y cantidad de conceptos cercanos a la tarea. Para ello se utiliza el modelo de validación cruzada que divide el conjunto de datos en  $N-1$  particiones, utilizando en cada partición  $n-1$  instancias para entrenar el modelo y una instancia para su evaluación. Las métricas que se utilizan son las anteriormente consideradas y la configuración del modelo será aquella que ha brindado el mejor rendimiento en los hitos previos. Esta capacidad de generalización será medida por medio de la aplicación del modelo de asociación creativa de consultas a cuatro algoritmos de clasificación supervisada que representan una amplia diversidad de modelos de aprendizaje: Árboles de decisión (tree), Naive Bayes (NB), Máquinas de Vectores Soporte (SVM) y Bosques Aleatorios (RF).

Finalmente, se obtiene una configuración del modelo de asociación creativa de consultas para la predicción del potencial creativo que han evidenciado los estudiantes frente a la resolución de un desafío planteado, que guía el MRCD. Asimismo, se cuenta con un algoritmo de clasificación que interpreta las formulaciones de las variables creativas propuestas en el modelo.

### **5.3. Evaluación del soporte creativo del sistema de búsqueda**

La plataforma tecnológica utilizada en esta investigación, GoNSA, provee de una interfaz básica para la ejecución de las búsquedas de información, basada en la emisión de consultas y con una estructura similar a la provista por los principales motores de búsqueda existentes en el mercado. Es decir, los individuos deben elaborar una consulta, que se registra en GoNSA, enviada a la interfaz de búsqueda de Bing para obtener los principales resultados. Finalmente, los documentos recuperados desde el motor de búsqueda son presentados a los usuarios por medio de una lista ordenada según la relevancia, donde se muestran el título del sitio web, un breve resumen y su enlace. Sin embargo, frente a estas interfaces sencillas, los usuarios más jóvenes o novatos tienden a presentar barreras que vuelve más complejo el proceso de búsqueda de información, ya sea

por dificultades en la elaboración de las consultas, el bajo conocimiento del dominio, sentimientos de frustración con los resultados obtenidos, reducidas habilidades de búsqueda o dificultades cognitivas (Berget & Sandnes, 2015; Chevalier et al., 2015; Duarte Torres & Weber, 2011a; Egusa et al., 2010b; Foss & Druin, 2014; Karanam et al., 2015; Smith, 2006; Usta et al., 2014). Por consiguiente, el proceso de resolución de desafíos creativos se vuelve aún más complejo y desafiante para los participantes novatos de esta investigación, es decir, estudiantes con edades de entre los 10 y los 14 años.

Los sistemas de búsqueda de información proveen de funcionalidades que brindan soporte al comportamiento de los usuarios durante la ejecución de la búsqueda. Se ha estudiado el efecto de distintas herramientas dispuestas en la interfaz del sistema sobre el comportamiento de los usuarios, que van desde modelos de asistencia (Robert Capra et al., 2015), el autocompletado de consultas (Berget & Sandnes, 2015) hasta estrategias de visualización de los resultados obtenidos con cada consulta (Kammerer & Gerjets, 2012). La mayoría de los estudios demuestra un efecto positivo de estas funcionalidades sobre la efectividad y eficiencia del proceso de búsqueda, sobre todo cuando los usuarios son novatos y las tareas de información tienen un elevado nivel de complejidad.

En consecuencia, se propone la implementación e introducción de dos herramientas dentro de la interfaz de búsqueda de información para estudiar su influencia sobre la calidad creativa de las soluciones elaboradas y el comportamiento de búsqueda de los estudiantes. Por lo tanto, se plantea la siguiente hipótesis:

### *Hipótesis 3.*

«La incorporación de componentes creativos en la interfaz del sistema de búsqueda de información permite mejorar la calidad de las soluciones en términos de creatividad e influir en el comportamiento de los usuarios»

### *Procedimiento.*

Con el propósito de evaluar la influencia de las herramientas creativas de la interfaz de búsqueda sobre el comportamiento de los estudiantes, se desarrolló el MRCD.

El comportamiento de los estudiantes se obtuvo a través de la resolución del mismo desafío descrito y utilizado previamente, es decir, los estudiantes debían buscar soluciones creativas para «Reducir el dinero que se gasta por energía en los hogares de tu ciudad».

El proceso de Resolución Creativa de Desafíos tiene como propósito principal la recolección de datos acerca del comportamiento de búsqueda de información durante la resolución de problemas y las soluciones elaboradas por los participantes. En estos estudios se busca determinar la influencia de las herramientas creativas dentro de la interfaz, como variable independiente, sobre la calidad creativa de las soluciones y el comportamiento de búsqueda de información, ambas variables dependientes. Por consiguiente, se conformaron un grupo de control, que no tendrá acceso a la herramienta creativa correspondiente; y un grupo experimental, que visualizará los indicadores creativos.

La preparación de las intervenciones comprende tanto el proceso de autorización por parte de los tutores de los participantes, como de la configuración de las cuentas de usuarios que serán utilizadas por aquellos que accedan informada y libremente a participar. El proceso de consentimiento informado ha sido el mismo utilizado anteriormente (Anexo A). Durante cada sesión los participantes se agruparon por curso, las cuentas se activaron en la plataforma para el uso exclusivamente durante la intervención correspondiente y la asignación del grupo de control o experimental se realizó de manera aleatoria.

El desarrollo de la experimentación del proceso de resolución de desafíos creativos se llevó a cabo en las instalaciones de los centros educativos, utilizando los recursos tecnológicos disponibles y dentro del horario lectivo. Asimismo, las intervenciones fueron dirigidas por el investigador principal de este trabajo, con la colaboración de un representante de cada centro educativo.

La estructura de cada sesión de intervención se compone de 1) la introducción, donde se presenta a los participantes el propósito y las instrucciones generales de la actividad; 2) la entrega de accesos, donde se brinda a los participantes las cuentas de usuario; 3) el desarrollo, donde los participantes resuelven el desafío creativo; y 4) el cierre, donde se describe a los participantes tanto las características como los beneficios del proceso de búsqueda de información.

Durante la etapa de introducción de las sesiones de intervención se describía tanto el propósito de la actividad, como las instrucciones, que se encontraban también dentro de la plataforma y cuya interfaz contaba con una gran cantidad de mensajes de ayuda para apoyar la autonomía de los estudiantes durante la intervención.

Los participantes contaban con un máximo de 35 minutos para resolver el desafío creativo planteado, lo realizaban de manera autónoma, sin la

intervención de los profesores ni del investigador principal; y seguían la estrategia que personalmente estimaran apropiada para alcanzar la solución creativa. Además, con el propósito de no influir en el proceso autónomo de resolución del desafío por parte de los participantes, se coartaron motivaciones extrínsecas asociadas a la realización exitosa de la actividad, eliminando beneficios académicos o premios por la participación exitosa de los estudiantes.

Finalmente, la revisión de las soluciones elaboradas por los participantes ha sido desarrollada con el fin de determinar qué patrones de búsqueda de información han llevado hacia una solución creativa y, por lo tanto, construir y validar los modelos de usuario propuestos.

La evaluación se desarrolló por un grupo de revisores seleccionados en base a las siguientes variables: 1) dominio del área de conocimiento del problema, 2) experiencia en la formación de la creatividad y 3) experiencia en aula. En consecuencia, se han seleccionado tres revisores que tienen niveles de experiencia medio alto o alto en una de estas variables con el fin de tener diversidad en el proceso de evaluación. Por ello, los revisores seleccionados son un Investigador en el área de Consumo de Energía, un Académico con experiencia en la formación de la creatividad y un Profesor de educación primaria y secundaria.

El protocolo de evaluación de la calidad creativa de las soluciones de los participantes consideraba que los revisores recibían, a través de la plataforma, las soluciones de manera secuencial, anónima y seleccionadas de manera aleatoria del conjunto de datos válido. Los revisores ponderaron cada una de las ocho sub-dimensiones de la rúbrica de evaluación de ideas creativas que se ha utilizado, y que ha demostrado tener un alto nivel de confiabilidad ínter-revisor. Esta rúbrica fue elaborada a partir de un detallado estudio del estado del arte en métodos de evaluación de productos o ideas creativas desarrollado por Dean et al., y también se ha validado la contribución de cada una de las dimensiones finalmente incluidas en la métrica, que se agrupan en: Novedad, Viabilidad, Relevancia y Especificidad (Dean & Hender, 2006).

### ***5.3.1. Ventana: Esfuerzo Creativo***

El comportamiento de búsqueda de información evidenciado por usuarios novatos muestra, en términos de la cantidad de consultas y términos utilizados, un bajo esfuerzo invertido en la búsqueda de información, debido a las barreras propias de su desarrollo (Duarte Torres & Weber, 2011a; Usta et al., 2014). Asimismo, son reducidos los estudios respecto

de los criterios de parada de este tipo de usuarios, aun cuando entregan valiosa información del esfuerzo implicado en el proceso de búsqueda. En esta línea, se identifican estudios previos de carácter cualitativo que definen y validan ciertos criterios subjetivos que motivan a los usuarios a detener el proceso de búsqueda de información (Browne et al., 2007; Cooper, 1976; Kraft & Lee, 1979; Nickles et al., 1995).

Dentro de los estudios de usuario relevantes sobre los criterios de parada considerados en el momento de terminar la búsqueda de información, se encuentran aquellos relacionados con la información presentada en la interfaz de búsqueda a los usuarios sobre la calidad de los resultados y la comprensión del esfuerzo invertido en el proceso (Maxwell et al., 2015; W. Wu et al., 2014). En ambos estudios se muestra que tanto el disgusto con la calidad de los resultados como la poca relevancia de la información recuperada eran los principales criterios para terminar el proceso de búsqueda.

Por lo tanto, se propone la incorporación de indicadores del esfuerzo invertido previamente por estudiantes creativos durante el proceso de resolución del desafío, así como indicadores de novedad durante el proceso de búsqueda de información. En consecuencia, se proponen las siguientes hipótesis:

### *Hipótesis 3.1.*

«La incorporación de una ventana de esfuerzo creativo en la interfaz del sistema de búsqueda de información modifica el **comportamiento** de los usuarios durante la elaboración de soluciones creativas»

### *Hipótesis 3.2.*

«La incorporación de una ventana de esfuerzo creativo en la interfaz del sistema de búsqueda de información modifica el **esfuerzo** invertido por los usuarios durante la elaboración de soluciones creativas»

### *Hipótesis 3.3.*

«La incorporación de una ventana de esfuerzo creativo en la interfaz del sistema de búsqueda de información mejora la **calidad creativa** de las soluciones elaboradas por los usuarios»

### *Participantes.*

Para la validación de esta hipótesis se realizó un experimento en un centro educativo situado en España, con un total de 87 participantes en el experimento (56,3% chicas y 43,7% chicos), y donde 44 de ellos conformaron el grupo de control. La edad de los participantes varía desde los 11 años hasta los 15 años (edad media: 12,26 SD: 1,05), el 90,8% no superaba los 13 años. Se contó con el consentimiento informado de los padres o tutores legales. No obstante, ninguno de los materiales empleados en este procedimiento puede considerarse sensible u ofensivo. El 100% de los participantes que iniciaron un desafío llegó a una solución válida, es decir, logró enviar su solución (no nula) dentro del plazo establecido emitiendo al menos una consulta.

### *Ventana de esfuerzo creativo.*

Los usuarios novatos presentan dificultades durante el proceso de búsqueda de información debido a diversos motivos, lo que se traduce en un bajo nivel de eficiencia y efectividad en la resolución de tareas complejas. Asimismo, estos usuarios evidencian un bajo esfuerzo invertido, demostrado en sesiones de corta duración, un reducido número y cantidad de consultas emitidas durante cada proceso, una limitada cantidad y diversidad de términos utilizados en la conformación de las consultas, así como un reducido nivel de exploración del espacio de búsqueda de información y un limitado número de estrategias de búsqueda. Por consiguiente, se ha propuesto la implementación de una ventana de esfuerzo creativo como soporte al proceso de búsqueda de información.

La ventana de esfuerzo creativo desarrollada tiene como propósito principal informar a los usuarios acerca de su desempeño durante el proceso de búsqueda de información, el esfuerzo que han invertido durante la sesión en curso y la relación de su comportamiento con el que han mostrado usuarios creativos. En consecuencia, la herramienta desarrollada aporta a los usuarios información vinculada a los criterios de novedad, relevancia, satisfacción y utilidad considerados como base para determinar el momento apropiado para la detención del proceso de búsqueda y, además, sirven de indicadores del esfuerzo invertido.

En la Figura 18 se presenta la interfaz de la ventana de esfuerzo creativo disponible para el grupo experimental durante la búsqueda de información. En ella se aprecian indicadores asociados a la cantidad promedio de páginas nuevas durante la sesión de búsqueda; la novedad de las páginas obtenidas en la última consulta, donde la barra superior indica en verde la proporción de nuevos resultados; la cantidad de consultas emitidas durante

la sesión; la diversidad de las consultas emitidas, donde la barra inferior indica en verde la proporción de nuevas consultas utilizadas; y la cantidad promedio de palabras utilizadas en cada consulta. Además, se presenta el comportamiento que tuvieron los usuarios creativos durante la resolución del mismo desafío, donde se observa en amarillo el promedio de páginas nuevas exploradas, la cantidad de consultas emitidas y el promedio de palabras emitidas en cada consulta.



Figura 18: Ventana: Esfuerzo creativo en páginas (arriba) y consultas (abajo).

### 5.3.2. Ventana: Recomendación de Términos Creativos

El comportamiento de búsqueda de información evidenciado por usuarios jóvenes muestra una baja elaboración, en términos de la cantidad de consultas y términos utilizados, debido a las barreras propias de su desarrollo (Duarte Torres & Weber, 2011a; Usta et al., 2014). No obstante, la incorporación de funcionalidades al sistema de búsqueda de información ha demostrado tener una positiva influencia en la eficiencia y efectividad de búsqueda. Las extensiones que han sido evaluadas varían desde herramientas de asistencia a la búsqueda (Robert Capra et al., 2015), el autocompletado de consultas (Berget & Sandnes, 2015) hasta estrategias de visualización de los resultados obtenidos con cada consulta (Kammerer & Gerjets, 2012).

Un modelo de recomendación de términos que puedan ser utilizados por los usuarios durante la formulación de consultas demostró una mejora en la efectividad de la búsqueda, sobre todo en usuarios novatos que fueron más susceptibles de aceptar las recomendaciones (Sihvonen & Vakkari, 2004). Mientras que la función de autocompletado demostró soportar las

dificultades en la formulación de consultas por parte de estudiantes con dislexia (Berget & Sandnes, 2015).

Por lo tanto, se propone la incorporación de un modelo de recomendación de términos creativos que son recuperados a partir del comportamiento de estudiantes con alto potencial creativo durante el proceso de resolución del desafío. En consecuencia, se proponen las siguientes hipótesis:

*Hipótesis 3.4.*

«La incorporación de una ventana de recomendación de términos creativos en la interfaz del sistema de búsqueda de información modifica el **comportamiento** de los usuarios durante la elaboración de soluciones creativas»

*Hipótesis 3.5.*

«La incorporación de una ventana de recomendación de términos creativos en la interfaz del sistema de búsqueda de información modifica el **esfuerzo** invertido por los usuarios durante la elaboración de soluciones creativas»

*Hipótesis 3.6.*

«La incorporación de una ventana de recomendación de términos creativos en la interfaz del sistema de búsqueda de información mejora la **calidad creativa** de las soluciones elaboradas por los usuarios»

*Participantes.*

Este experimento se llevó a cabo en dos centros educativos situados en España con un total de 313 participantes en el experimento (44,09% chicas y 55,91% chicos), 168 de ellos en el grupo de control. La edad de los participantes varía desde los 9 años hasta los 15 años (edad media: 12,46 SD: 1,09), el 99,04% no superaba los 14 años. Se contó con el consentimiento informado de los padres o tutores legales. No obstante, ninguno de los materiales empleados en este procedimiento puede considerarse sensible u ofensivo. El 95,21% de los participantes que iniciaron un desafío llegó a una solución válida, es decir, logró enviar su solución (no nula) dentro del plazo establecido emitiendo al menos una consulta.

*Modelo de recomendación de términos creativos.*

Tal como se ha mencionado, los jóvenes presentan un reducido rendimiento en la resolución de tareas complejas, debido a dificultades en la elaboración y emisión de consultas, así como una escasa exploración del espacio de búsqueda de información. Por consiguiente, se ha propuesto la implementación de un modelo de recomendación de términos creativos como soporte al proceso de búsqueda de información, principalmente a la elaboración de las consultas.

El modelo de recomendación de términos desarrollado tiene como propósito principal brindar a los usuarios palabras alternativas que pueden ser incorporadas en la formulación o reformulación de las consultas. Los términos recomendados se basan en el potencial creativo de los usuarios y las páginas web que han consultado. En consecuencia, la ventana de recomendación desarrollada aporta a los usuarios la oportunidad de incrementar la diversidad de las consultas, mejorar el nivel de exploración de la búsqueda y realizar asociaciones poco comunes.

El modelo de recomendación extrae un conjunto de términos desde el resumen de aquella página con mayor potencial creativo en función de la consulta emitida por el usuario,  $q^u$ , durante la resolución del desafío. Para obtener los términos a recomendar se estableció un valor de creatividad asociado a cada página web visitada. Para ello se define el peso creativo (ecuación 31),  $\omega_p^+$ , de cada página web existente en el registro de búsqueda de GoNSA para un desafío particular como el producto del potencial creativo de todos los usuarios,  $U_p$ , que han llegado a ese documento a través de alguna consulta,  $q$ .

$$\omega_p^+ = \prod_{i=0}^{|U_p|} \phi_p(q) \quad (34)$$

Donde el potencial creativo,  $\rho$ , asociado a una consulta,  $q$ , depende de la evaluación de creatividad previamente alcanzada por cada usuario,  $u_i$ , que ha resuelto el desafío (ecuación 32).

$$\phi_p(q) = \rho(u_i|q) \quad (35)$$

En consecuencia, la recomendación que se realiza a un usuario,  $u$ , durante la sesión de búsqueda de información activa depende de cada consulta emitida,  $q^u$ . Primero, se determina la consulta,  $q_p^+$ , más cercana a la

consulta,  $q^u$ , por medio del cálculo de la distancia explícita,  $\delta$ , a cada una de las consultas emitidas previamente (ecuación 33).

$$q_p^+(q^u) = \min \{ \delta(q^u, q) | q \in Q \} \quad (36)$$

Segundo, se determina la página con el mayor potencial creativo,  $p^+$ , de entre el conjunto de sitios visitados y registrados en GoNSA (ecuación 34).

$$p^+(q_p^+) = \max \{ \omega_p^+ | p \in P \} \quad (37)$$

Finalmente, se recuperan y presentan al usuario los términos presentes en el resumen de la página más creativa,  $p^+$ , obtenida a partir de las ecuaciones 33 y 34. En la Figura 19 se presentan los términos recomendados ante la consulta «*reducir energía*», donde se aprecia una diversidad de términos que los usuarios pueden utilizar en la elaboración de la siguiente consulta.

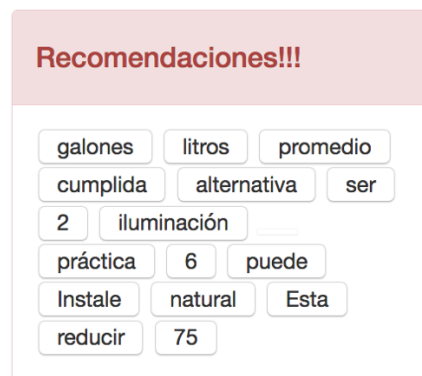


Figura 19. Ventana: Recomendación de términos creativos.

## 5.4. Resumen

Esta tesis propone modelos de usuarios para promover la creatividad durante la resolución de problemas complejos a través de búsquedas de información en la web. En este apartado se presentaron los modelos implementados en GoNSA para: 1) evaluar «*automáticamente*» la creatividad; 2) evaluar «*automática*» e «*implícitamente*» la calidad creativa de las soluciones y 3) promover una mejora en la calidad creativa de las soluciones. El diseño experimental base corresponde a un estudio de usuarios, estudiantes K-12, y se realiza en un ambiente controlado a través de la plataforma tecnológica desarrollada en este trabajo: GoNSA. Por lo tanto, toda la información se encuentra registrada y disponible para su análisis.

En esta tesis se diseñaron dos modelos de usuario para evaluar automáticamente la creatividad, a través de la discriminación de las habilidades asociativas inherentes a la calidad creativa. El primero, basado en la construcción de una bolsa de palabras, considerando los términos emitidos en cada consulta tanto por estudiantes creativos como no creativos. Mientras que el segundo se fundamenta en la extracción de las características creativas de *fluidez*, *flexibilidad* y *originalidad* a partir del patrón de consultas emitidas.

Para evaluar automática e implícitamente la calidad creativa de las soluciones se diseñaron tres modelos de usuario. El primero basado en la identificación implícita y automática de los puntos de vista que seguían los usuarios durante la búsqueda de información, para reconocer la diversidad en el patrón de consultas. El segundo, basado en la identificación explícita y automática de los conceptos implícitos en las consultas emitidas, para determinar la diversidad en el comportamiento de búsqueda. Y el tercero, basado en la extracción de indicadores asociados a las características creativas de *fluidez*, *flexibilidad*, *originalidad* y *elaboración* para discriminar el comportamiento de búsqueda de aquellos estudiantes más creativos.

Finalmente, para promover una mejora en la calidad creativa de las soluciones se diseñaron dos modelos de extracción de indicadores creativos. El primero entrega indicadores de esfuerzo tanto personal como de los estudiantes creativos. Y el segundo realiza recomendaciones de términos para las consultas en función de las consultas emitidas por los estudiantes más creativos y los documentos vinculados a ellas.

En consecuencia, se proponen distintos modelos del comportamiento cuyo propósito es promover la creatividad durante la resolución de problemas heurísticos, a través de la detección temprana de la calidad creativa y de la entrega de información relevante al proceso de búsqueda.



## 6. Resultados de la investigación

---

En esta tesis se proponen diversos modelos de usuario basados en el comportamiento extraído de los registros de la plataforma tecnológica desarrollada, GoNSA, con el propósito de promover la creatividad durante la resolución de problemas complejos a través de búsquedas de información en la web, reconociendo automática e implícitamente el comportamiento creativo, y brindando soporte a la búsqueda de información.

A continuación, se presentan los resultados experimentales de la evaluación de los modelos de usuario desarrollados para 1) evaluar automáticamente la creatividad, a través de la discriminación de las habilidades asociativas inherentes en tareas asociativas; 2) evaluar automática e implícitamente la calidad creativa de las soluciones, por medio de la discriminación del comportamiento de búsqueda de información en la web y 3) promover una mejora en la calidad creativa de las soluciones, a través de herramientas automáticas que soporten la búsqueda creativa de información que proporcionan indicadores de esfuerzo y recomendaciones de términos para las consultas.

### 6.1. Evaluación automática de la creatividad

Los procedimientos de evaluación de la creatividad demuestran que las habilidades de asociación (asociación de palabras) o el pensamiento divergente, permiten extraer características que describen el comportamiento creativo de los individuos. En base a esta propiedad de los instrumentos de evaluación de la creatividad se han propuesto modelos computacionales que buscan simular el proceso de asociación del proceso creativo, pero sin llegar a evaluar de manera automática la creatividad (Gross et al., 2012; Toivonen et al., 2013; Velde et al., 2015). A continuación, se presentan los resultados del primer acercamiento de esta tesis en relación a la evaluación automática de la creatividad. Para ello se evalúa la calidad de dos modelos de usuario, que permiten discriminar el comportamiento de los estudiantes creativos y que se sustentan en el comportamiento durante tareas de asociación de palabras.

Hipótesis 1.

*«El comportamiento de los estudiantes frente a tareas de asociación libre de palabras proporciona indicadores que permiten **discriminar automáticamente** la habilidad creativa de los individuos»*

Para validar la primera hipótesis se entrenaron y validaron distintos algoritmos de clasificación basados en los atributos de los usuarios, extraídos a partir de los modelos de usuario propuestos: Bolsa de Palabras y Características Creativas. El conjunto de datos se construyó a partir de dos tareas creativas: asociación libre de palabras, donde los estudiantes debían entregar la mayor cantidad de palabras asociadas a un término claves («Libro» y «Puerta»); y usos poco comunes, donde los participantes elaboraban tantos usos poco frecuentes como sea posible para un objetivo clave («Zapato»). Durante la experimentación participaron estudiantes de sexto grado provenientes de centros educativos españoles, mayoritariamente mujeres (53%), dos revisores externos evaluaron la calidad creativa de las respuestas entregadas, la mayoría de los estudiantes lograron ser creativos (53%) y durante las tareas de asociación de palabras fueron generadas 247 palabras únicas, es decir, un ratio de 3,43 términos únicos por participante.

En la Tabla 2 se presentan los indicadores obtenidos durante la experimentación realizada en relación al género de los participantes. En ella se aprecia que los participantes creativos tienden a ser más fluidos en la construcción de asociaciones que aquellos no creativos, sobre todo en el caso de las mujeres. Mientras que en la generación de usos poco comunes no se aprecian diferencias en el comportamiento.

Indicadores	Creativo		No Creativo	
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino
Número promedio de usos «Zapato»	3,33	4,20	<b>4,88</b>	4,10
Número promedio de asociaciones «Libro»	<b>6,67</b>	<b>6,05</b>	5,30	5,73
Número promedio de asociaciones «Puerta»	<b>5,92</b>	<b>5,77</b>	4,50	4,18

Tabla 2: Comportamiento de estudiantes según género y nivel de creatividad.

En la Tabla 3 se presentan los indicadores de la intervención en función de la edad de los participantes, donde se observa un comportamiento fluido similar entre todos los estudiantes independiente de su edad. Mientras que, en las asociaciones de palabras, las mujeres de menor edad son quienes presentan mayores niveles de fluidez, independiente de la palabra clave que se les presentan.

Indicadores	Creativo		No Creativo	
	11	12	11	12
Número promedio de usos «Zapato»	3,94	3,33	3,91	4,00
Número promedio de asociaciones «Libro»	<b>6,42</b>	4,67	5,52	5,33
Número promedio de asociaciones «Puerta»	<b>5,93</b>	4,67	4,72	5,33

Tabla 3: Comportamiento de estudiantes según edad y nivel de creatividad.

Con el propósito de determinar el impacto que tiene la cantidad de observaciones sobre el desempeño de los clasificadores se realizó el

proceso de validación cruzada con distintas porciones aleatorias de las respuestas obtenidas desde la experimentación. En la Tabla 4 se presentan las tasas de acierto alcanzadas por cada uno de los algoritmos utilizados cuando se utiliza el modelo de usuario basado en la Bolsa de Palabras (BoW). Se aprecia un comportamiento similar para todos los algoritmos a lo largo de los distintos tamaños del conjunto de datos utilizado, mientras que los árboles aleatorios presentan un mejor desempeño (65.6%) debido a sus propiedades para reducir el sobre-ajuste en el entrenamiento.

Algoritmo	Porcentaje de Instancias				
	80%	85%	90%	95%	100
Árboles de decisión	53,2%	53,6%	58,2%	64,7%	58,2%
SVM Polinomial	50,2%	49,9%	48,7%	50,3%	51,9%
SVM Lineal	57,4%	56,2%	50,3%	50,1%	57,2%
Naïve Bayes	45,2%	49,9%	48,2%	53,2%	52,1%
Árboles aleatorios	62,3%	60,1%	<b>65,6%</b>	<b>64,2%</b>	58,2%

Tabla 4: Desempeño de los algoritmos basados en el modelo de usuario BoW.

En la Tabla 5 se presentan los resultados alcanzados por los distintos clasificadores utilizando el modelo de usuario basado en las características creativas (FoC), generadas a partir de las asociaciones elaboradas por los participantes. Los algoritmos basados en máquinas de vectores soporte (SVM) presentan un comportamiento estable y los mejores niveles de acierto en la tarea de clasificación del nivel creativo, tasas que incrementan con el tamaño del conjunto de datos. Finalmente, se alcanzan los mejores resultados con la utilización del modelo de usuario basado en la extracción de características creativas de los usuarios y un clasificador basado en máquinas soporte con núcleo polinomial (81,1%).

Algoritmo	Porcentaje de Instancias				
	80%	85%	90%	95%	100
Árboles de decisión	45,3%	53,2%	51,4%	51,8%	50,3%
SVM Polinomial	60,1%	61,4%	63,6%	67,2%	68,7%
SVM Lineal	65,3%	<b>72,6%</b>	<b>76,5%</b>	<b>76,3%</b>	<b>81,1%</b>
Naïve Bayes	60,1%	59,5%	58,7%	63,6%	68,7%
Árboles aleatorios	65,4%	51,6%	61,3%	53,8%	60,3%

Tabla: 5 Desempeño de los algoritmos basados en el modelo de usuario FoC.

## 6.2. Evaluación automática de la calidad creativa de las soluciones

A través de la implementación del MRCD se evalúan las relaciones entre las tareas de asociación de palabras y el proceso de búsqueda de información, propuestas en esta tesis. El MRCD se fundamenta en el

proceso de búsqueda dirigido por la resolución de un problema de información y, por ende, conlleva la elaboración de una solución, que se espera sea creativa.

A continuación, se presentan los resultados de cada uno de los modelos de usuario propuestos en esta tesis para determinar su poder de discriminación automática e implícita del comportamiento de búsqueda de información presente en los estudiantes que resuelven de manera creativa desafíos complejos de información.

### 6.2.1. Modelo: Diversidad basada en Puntos de Vista

Hipótesis 2.1.

*«La diversidad semántica implícita en la emisión de consultas realizadas por un estudiante durante la búsqueda de información, como medio de resolver creativamente un desafío (problema), permite **predecir implícita y automáticamente** la calidad creativa que tendrá la solución»*

Para validar la hipótesis se determinó el desempeño de varios clasificadores en la predicción automática e implícita de la calidad creativa de las soluciones elaboradas por los estudiantes. Para entrenar y evaluar los clasificadores, 71 estudiantes de quinto y sexto grado de primaria participaron del proceso de resolución creativa de desafíos utilizando GoNSA, de los cuales sólo fueron considerados 53, aquellos que emitieron al menos una consulta; un 54% de ellos eran hombres.

En la Tabla 6 se aprecia el acierto alcanzado por cada uno de los clasificadores entrenados con el modelo de usuario basado en los puntos de vista. Considerando tres puntos de vista extraídos desde el patrón de consultas y distintos umbrales de creatividad, los clasificadores basados en máquinas de vectores soporte presentan el mejor desempeño de clasificación. Asimismo, se aprecia que el modelo de usuario permite discriminar el comportamiento de los estudiantes creativos.

Algoritmo	Umbral de Creatividad			
	50%	55%	60%	65%
Árboles de decisión	55,6%	53,6%	44,5%	71,2%
SVM Polinomial	55,3%	54,3%	69,8%	76,3%
SVM Lineal	58,3%	54,1%	69,8%	76,3%
SVM Sigmoid	58,3%	54,1%	69,8%	76,3%
Naïve Bayes	58,3%	52,8%	69,3%	76,1%

Tabla 6: Desempeño de los algoritmos utilizando  $k=3$  puntos de vista.

De manera similar, en la Tabla 7 se presentan los resultados alcanzados por los clasificadores, pero utilizando 5 puntos de vista extraídos del

patrón de consultas emitidas. Se aprecia una mayor inestabilidad en la discriminación del comportamiento creativo respecto a la utilización de 3 puntos de vista, aunque se mantiene el poder discriminador del modelo propuesto.

Algoritmo	Umbral de Creatividad			
	50%	55%	60%	65%
Árboles de decisión	48,6%	47,2%	62,3%	71,2%
SVM Polinomial	53,8%	59,2%	66,7%	76,4%
SVM Lineal	58,2%	49,2%	68,4%	76,2%
SVM Sigmoid	58,9%	50,3%	68,1%	76,3%
Naïve Bayes	50,7%	50,1%	68,3%	76,1%

Tabla 7: Desempeño de los algoritmos utilizando  $k=5$  puntos de vista.

En la Tabla 8 se presentan los resultados alcanzados por los clasificadores, pero utilizando 7 puntos de vista extraídos del patrón de consultas emitidas. Se incrementa la inestabilidad en la discriminación del comportamiento creativo por parte de los clasificadores.

Algoritmo	Umbral de Creatividad			
	50%	55%	60%	65%
Árboles de decisión	57,9%	40,2%	50,9%	71,2%
SVM Polinomial	60,1%	43,1%	68,9%	76,4%
SVM Lineal	62,1%	54,6%	68,4%	76,1%
SVM Sigmoid	59,8%	50,2%	68,5%	76,2%
Naïve Bayes	59,9%	50,1%	68,1%	76,0%

Tabla 8: Desempeño de los algoritmos utilizando  $k=7$  puntos de vista.

Finalmente, en la Tabla 9 se presentan los resultados alcanzados por los clasificadores, aunque esta vez utilizando 9 puntos de vista extraídos del conjunto de consultas emitidas. Se incrementa la inestabilidad en la discriminación del comportamiento creativo por parte de los clasificadores respecto el umbral de creatividad considerado, aunque se mantienen las tasas máximas de acierto en cada uno de los clasificadores basados en máquinas de vectores soporte (SVM) y mientras mayor sea el umbral de creatividad mejor será el poder discriminador de los clasificadores.

Algoritmo	Umbral de Creatividad			
	50%	55%	60%	65%
Árboles de decisión	43,7%	58,3%	53,2%	67,8%
SVM Polinomial	50,3%	40,2%	68,7%	76,4%
SVM Lineal	58,2%	46,4%	56,4%	76,0%
SVM Sigmoid	60,3%	51,3%	68,1%	76,3%
Naïve Bayes	60,1%	48,1%	68,3%	76,0%

Tabla 9: Desempeño de los algoritmos utilizando  $k=9$  puntos de vista.

Por lo tanto, el modelo propuesto provee de una buena descripción de la diversidad del comportamiento de búsqueda que presentan los estudiantes

creativos y, por consiguiente, es posible discriminar con un buen nivel de acierto la calidad creativa de los estudiantes.

### *6.2.2. Modelo: Diversidad basada en Wikipedia*

Hipótesis 2.2.

*«La diversidad semántica explícita en la emisión de consultas realizadas por un estudiante durante la búsqueda de información, como medio de resolver creativamente un desafío (problema), permite **predecir implícita y automáticamente** la calidad creativa que tendrá la solución»*

Para validar la hipótesis se utilizó la información obtenida del modelo de usuario basado en la diversidad de las consultas, y con ello, se entrenaron y probaron árboles aleatorios. Además, se comparó el resultado del modelo de diversidad de las consultas ( $\phi_d$ ) propuesto en este trabajo con un trabajo previo basado en el modelos de agrupamiento ( $\phi_p$ ) para descubrir automáticamente puntos de vistas desde un conjunto de datos de consultas emitidas para la resolución del desafío (Olivares-Rodríguez & Guenaga, 2015). Ambos modelos se sustentan en la diversidad de las consultas, solo que el modelo de diversidad de consultas depende de la cantidad  $k$  de conceptos de Wikipedia más relevantes a la tarea considerados para el cálculo de la similitud de las consultas, mientras que el modelo basado en puntos de vista depende de la cantidad  $k$  de puntos de vistas que sean considerados en el cálculo de la diversidad de las consultas. Por lo tanto, se considerarán varios valores para  $k$  con el fin de analizar la influencia de la cantidad de conceptos o puntos de vistas en el desempeño de los clasificadores.

Para validar la calidad de los modelos entrenados se definieron 10 pares de grupos de muestras de comportamientos de usuarios (actividades,  $\omega$ ) por medio de un muestreo estratificado. El primer grupo se utilizó para entrenar los árboles aleatorios en función de los modelos de usuario evaluados ( $\phi_v$ ,  $\phi_d$ ), mientras que el segundo grupo de muestras fue utilizado para evaluar la calidad de los modelos entrenados siguiendo un esquema leave-one-out cross-validation, debido a la reducida cantidad de muestras. Como métricas del desempeño de los modelos se utilizaron la sensibilidad, o proporción de positivos correctamente clasificados; la especificidad, o proporción de negativos correctamente clasificados; y el espacio bajo la curva (ROC).

En la Tabla 10 se aprecian los resultados obtenidos en cada una de las métricas para los dos modelos en evaluación, con distintos valores para  $k$  (conceptos o puntos de vista) y con un porcentaje de exigencia creativa  $\alpha$  definido en 50%. En estos resultados se aprecia una tendencia a clasificar

correctamente los individuos no creativos, lo que se debe al desequilibrio en la cantidad de muestras que forman parte de ambos grupos de participantes.

k	$\phi_v$			$\phi_a$		
	ROC	Sensibilidad	Especificidad	ROC	Sensibilidad	Especificidad
3	58.27%	39.66%	78.27%	56.18%	24.66%	79.11%
5	59.97%	29.68%	76.83%	58.70%	24.33%	75.05%
7	63.29%	43.37%	<b>81.41%</b>	55.60%	29.87%	77.59%
9	63.88%	36.48%	81.91%	57.46%	27.14%	83.13%
15	65.83%	35.30%	84.01%	60.01%	27.14%	83.05%

Tabla 10: Desempeño de los modelos de usuarios evaluados para distintos valores de  $k$  y  $\alpha$  50%.

En la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos en cada una de las métricas para los dos modelos, ahora con un porcentaje de exigencia creativa  $\alpha$  definido en 55%. En este grupo de muestras, se obtiene un mayor equilibrio entre individuos creativos y no creativos. En estos resultados se aprecia que el modelo basado en la diversidad de consultas sobre Wikipedia obtiene un equilibrio entre clasificación correcta de individuos positivos y negativos.

k	$\phi_v$			$\phi_a$		
	ROC	Sensibilidad	Especificidad	ROC	Sensibilidad	Especificidad
3	52.04%	53.31%	46.15%	61.86%	65.34%	57.37%
5	58.28%	55.73%	52.77%	55.47%	52.77%	51.87%
7	58.71%	55.92%	48.12%	58.69%	54.39%	52.87%
9	66.09%	67.32%	55.66%	<b>66.04%</b>	<b>64.68%</b>	<b>60.27%</b>
15	65.29%	65.68%	52.65%	62.68%	66.94%	57.93%

Tabla 11: Desempeño de los modelos de usuarios evaluados para distintos valores de  $k$  y  $\alpha$  55%.

En la Tabla 12 se aprecian los resultados obtenidos por los modelos para un porcentaje de exigencia creativa  $\alpha$  definido en 60%. En estos resultados se aprecia una tendencia a clasificar correctamente los individuos creativos, lo que se debe al desequilibrio en la cantidad de muestras que forman parte de ambos grupos de participantes. No obstante, se alcanza un 78.43% de sensibilidad en el modelo basado en Wikipedia propuesto en este trabajo con  $k=3$  y con una especificidad no tan baja como en el resto de instancias de evaluación.

k	$\phi_v$			$\phi_d$		
	ROC	Sensibilidad	Especificidad	ROC	Sensibilidad	Especificidad
3	58.73%	71.52%	25.20%	63.25%	<b>78.43%</b>	41.21%
5	62.95%	71.97%	27.50%	59.04%	80.33%	20.54%
7	62.35%	78.92%	24.10%	58.73%	76.86%	24.10%
9	63.43%	76.85%	22.89%	60.28%	83.94%	27.14%
15	63.99%	81.02%	21.06%	60.99%	80.88%	24.10%

Tabla 12: Desempeño de los modelos de usuarios evaluados para distintos valores de  $k$  y  $\alpha$  60%.

### 6.2.3. Modelo: Características Creativas

Hipótesis 2.3.

«El patrón de consultas emitidas durante la búsqueda de información por parte de los estudiantes proporciona indicadores creativos que permiten **predecir implícita y automáticamente** la calidad creativa de la solución elaborada»

En primera instancia, el modelo de asociación creativa de consultas se ha configurado utilizando las características creativas de manera independiente. Esto permite observar la capacidad de predicción que alcanzan cada una de las formalizaciones realizadas en el modelo, agrupadas por su propósito. En la Tabla 13 se aprecia que estas configuraciones tienen un comportamiento relativamente similar, alcanzando una muy buena relación de clasificación de instancias positivas (sens) en detrimento de una mediocre clasificación de las instancias negativas (spec).

Características	ROC	Sensibilidad	Especificidad
WF	60.30%	76.30%	30.80%
ft	58.20%	81.10%	21.80%
MmO	57.20%	76.90%	34.80%
Li	60.90%	73.60%	38.70%

Tabla 13: Evaluación de las características creativas de manera independiente (hito 1).

La Tabla 14 muestra los resultados obtenidos al combinar en pares las distintas variables creativas, donde se aprecia que no existen mejoras significativas con respecto a las configuraciones independientes. Sin embargo, la combinación entre Fluidez (ft) y Elaboración (Li) provee una mejora en la relación de clasificación de instancias negativas, equilibrando el desempeño general del modelo.

Características	ROC	Sensibilidad	Especificidad
WF+ ft	59.00%	78.00%	31.50%
WF+ MmO	56.50%	77.80%	29.60%
WF+ LI	60.30%	76.10%	33.10%
ft+ MmO	53.50%	82.90%	22.40%
ft+ LI	60.70%	73.50%	38.80%
MmO+ LI	56.80%	75.50%	29.90%

Tabla 14: Evaluación de las características creativas de manera pareada (hito 1).

En la Tabla 15 se presentan las configuraciones restantes del modelo, en la que destaca la combinación de Flexibilidad (WF), Fluidez (ft) y Originalidad (MmO), pues logran el mejor desempeño general, equilibrado con una correcta clasificación de instancias positivas por sobre el 70%. Por lo tanto, esta será la configuración utilizada en los siguientes hitos de evaluación.

Características	ROC	Sensibilidad	Especificidad
WF+ ft+ MmO+ LI	56.30%	71.90%	34.00%
WF+ ft+ MmO	63.90%	71.80%	43.70%
WF+ ft+ LI	62.10%	71.80%	41.20%
WF+ MmO+ LI	58.30%	77.40%	46.20%
ft+ MmO+ LI	56.40%	83.20%	23.70%

Tabla 15: Evaluación de las características creativas (hito 1).

En la Tabla 16 se aprecian los resultados alcanzados por la configuración de Flexibilidad (WF), Fluidez (ft) y Originalidad (MmO) para el modelo en los distintos valores de k. Se observa que el desempeño alcanzado es estable, independientemente del valor de k, sin embargo, al incrementar la cantidad de conceptos utilizados en la elaboración de las definiciones de las consultas, incrementa la expresividad de dichas definiciones y, por tanto, contribuye a mejorar la relación de clasificación de instancias negativas, rendimiento a mejorar en posteriores trabajos.

k-Conceptos	ROC	Sensibilidad	Especificidad
5	63.90%	71.80%	43.70%
10	65.30%	71.60%	41.20%
15	61.80%	73.90%	36.20%
20	64.70%	69.20%	45.00%
25	65.70%	67.30%	45.00%

Tabla 16: Evaluación de la cantidad de conceptos cercanos a la tarea utilizados (hito 2).

En la Tabla 17 se presentan los resultados del tercer hito, donde se aprecia que al desarrollar un proceso de validación exhaustivo, el

desempeño obtenido tanto por los Árboles de decisión como por SVM tiende a ser bajo en la detección de instancias negativas en favor de las positivas. Mientras que Naïve Bayes y los Bosques Aleatorios brindan un rendimiento más equilibrado entre sensibilidad y especificidad, lo que puede ser causado por las características intrínsecas de ambos modelos de aprendizaje: Teoría de Bayes y Bagging.

Algoritmos	ROC	Sensibilidad	Especificidad
Árbol	85.30%	80.40%	0.00%
NB	64.10%	47.10%	77.50%
SVM	58.80%	89.10%	21.20%
RF	63.70%	80.40%	43.80%

Tabla 17: Evaluación de la capacidad de generalización del modelo (hito 3).

Finalmente, en la Tabla 18 se aprecian los resultados obtenidos al aplicar el modelo de diversidad de consultas (DoQ) propuesto por los autores en un trabajo anterior (Olivares-Rodríguez y Guenaga, 2015) al conjunto de datos obtenido con el MRD. Se comparan estos resultados con el nuevo modelo basado en las características de la creatividad (FoC). La nueva propuesta mejora cada una de las métricas utilizadas para la evaluación entre un 6.3% (Spec) y un 10.8% (ROC).

Modelo de Usuario	ROC	Sensibilidad	Especificidad
DoQ	52.90%	70.20%	37.50%
FoC	63.70%	80.40%	43.80%

Tabla 18: Evaluación de la capacidad de generalización del modelo (hito 3).

### 6.3. Evaluación del soporte creativo del sistema de búsqueda

Frente a estas interfaces sencillas, como la implementada en GoNSA, los usuarios más novatos presentan barreras que vuelven más complejo el proceso de búsqueda de información (Berget & Sandnes, 2015; Chevalier et al., 2015; Duarte Torres & Weber, 2011a; Egusa et al., 2010b; Foss & Druin, 2014; Karanam et al., 2015; Smith, 2006; Usta et al., 2014). Por consiguiente, el proceso de resolución de desafíos creativos se vuelve aún más complejo y desafiante para los participantes novatos de esta investigación, es decir, estudiantes con edades de entre los 10 y los 15 años.

A continuación se presentan los resultado de la evaluación experimental de las herramientas que extienden la interfaz de búsqueda de información de GoNSA para determinar su influencia sobre la calidad creativa de las

soluciones elaboradas y el comportamiento de búsqueda de los estudiantes, tanto por soporte al esfuerzo como a la elaboración de las consultas.

### ***6.3.1. Ventana: Esfuerzo Creativo***

Hipótesis 3.1.

*«La incorporación de una **ventana de esfuerzo creativo** en la interfaz del sistema de búsqueda de información modifica el **comportamiento** de los usuarios durante la elaboración de soluciones creativas»*

El comportamiento de búsqueda de información de los participantes se ha analizado desde el punto de vista de indicadores que reflejan su desempeño, considerando las consultas emitidas, las acciones sobre las páginas resultantes de la búsqueda y los términos utilizados en las consultas.

En la Tabla 19 se muestran una serie de indicadores que reflejan las diferencias de ambos grupos en la resolución del desafío propuesto, donde se ve que los estudiantes del grupo experimental han emitido 221 consultas, casi el doble de que las emitidas por el grupo de control (134). Las consultas únicas se encuentran muy cerca del 50% del total emitido para ambos grupos. Además, un 34.09% de los estudiantes del grupo de control emitió sólo una consulta durante el proceso de búsqueda de información, lo que claramente confirma la barrera en la elaboración de consultas que evidencian los estudiantes jóvenes. Este indicador es bastante menor en el grupo experimental (16.28%), lo que demuestra la contribución del panel de indicadores de esfuerzo en el patrón de emisión de consultas, donde los estudiantes van más allá de la primera consulta y realizan reformulaciones sobre las mismas para construir nuevas estrategias de búsqueda.

El grupo de control ha utilizado un promedio de 4.729 términos por consulta, mientras que en el grupo experimental este valor alcanza los 5.631 términos, diferencia significativa ( $p < 0.01$ ). La cantidad de consultas emitidas por los estudiantes es superior en el grupo experimental, pero no es una diferencia significativa. No obstante, al analizar sólo los participantes que emitieron más de una consulta por sesión, la diferencia es significativa ( $p < 0.05$ ), donde el grupo de control emitió un promedio de 4.207 consultas, mientras que el experimental alcanza las 6.111 consultas promedio. Asimismo, el promedio de consultas únicas que cada estudiante emitió por sesión ha demostrado ser significativamente superior ( $p < 0.01$ ) en el grupo experimental, con 4.093 en promedio, con respecto al grupo

de control, con 2.432 en promedio, reflejando una mayor diversidad de consultas.

La cantidad de páginas web recuperadas por los estudiantes durante la emisión de las consultas es significativamente superior en el grupo experimental ( $p < 0.01$ ), cerca de 40 páginas más que en el grupo de control. De la misma forma, la cantidad de páginas nuevas, no vistas previamente por el usuario, es significativamente mayor en el grupo experimental ( $p < 0.01$ ), lo que está estrechamente vinculado a la información dispuesta en el panel de esfuerzo.

Comportamiento	Experimental	Control
Número de consultas	<b>221</b>	134
Número de consultas únicas por grupo	<b>103 (46.61%)</b>	58 (43.28%)
Número de usuarios con una sola consulta	<b>7 (16.28%)</b>	15 (34.09%)
Número promedio de términos por consulta**	<b>5.631</b>	4.729
Número promedio de consultas por usuario	<b>5.279</b>	3.114
Número promedio de consultas por usuario ( $q > 1$ )*	<b>6.111</b>	4.207
Número promedio de consultas únicas por usuario**	4.093	2.432
Ratio promedio de consultas únicas por usuario	0.825	0.8632
Promedio total de páginas recuperadas**	<b>99.53</b>	60.91
Promedio total de páginas nuevas por usuario**	<b>78.26</b>	47.84
Promedio de ratio de páginas por usuario	0.827	0.856
Promedio de páginas recuperadas por consulta	18.7	19.73
Promedio de páginas eliminadas por consulta	0.46	0.37
Promedio de páginas archivadas por consulta	1.04	1.61

Tabla 19: Indicadores del comportamiento de búsqueda para ambos grupos (Anova, 0.01\*\*, 0.05\*).

En relación a la frecuencia de emisión de consultas, el grupo de control las emite, en su mayoría (74.36%), solo en una ocasión (ver Tabla 20), mientras que un 2.56% de las consultas son emitidas 10 veces o más, situación que no se aprecia en el grupo experimental. Si bien las diferencias no son significativas entre ambos grupos, demuestran distintos patrones de emisión de consultas.

Frecuencia	Experimental	Control
1	70.55%	<b>74.36%</b>
2	<b>19.86%</b>	14.10%
3	4.79%	6.41%
4	0.68%	1.28%
5	<b>2.05%</b>	0.00%
6	1.37%	0.00%
7	0.00%	1.28%
8	0.68%	0.00%
9	0.00%	0.00%
>=10	0.00%	<b>2.56%</b>

Tabla 20: Distribución de la frecuencia de emisión de las consultas de ambos grupos.

La cantidad de consultas emitidas por los estudiantes en cada sesión demuestra el nivel de esfuerzo invertido para descubrir información relevante. En la Tabla 21 se aprecia la distribución de estudiantes que emitieron una cantidad particular de consultas durante la sesión, donde claramente se observa que el 50% de los estudiantes del grupo de control emiten entre 1 y 2 consultas por sesión. Por el contrario, la mitad de los participantes del grupo experimental se distribuye entre la emisión de 1 y 4 consultas por sesión. Esto evidencia un mayor esfuerzo por parte de los estudiantes de este grupo en la búsqueda de información, llegando incluso a emitir más de 10 consultas por sesión.

# Consulta	Experimental	Control
1	16.28%	34.09%
2	27.91%	<b>50,00%</b>
3	32.56%	63.64%
4	<b>51.16%</b>	79.55%
5	60.47%	84.09%
6	74.42%	90.91%
7	81.40%	93.18%
8	86.05%	95.45%
9	86.05%	97.73%
10	86.05%	100.00%
>=11	100.00%	100.00%

Tabla 21: Frecuencia acumulada de estudiantes que emiten un número particular de consultas en ambos grupos.

Finalmente, en la Figura 20 se aprecian dos nubes de palabras generadas con los términos utilizados por los estudiantes del grupo de control (a) y experimental (b). En ellas se aprecia un mayor esfuerzo por parte de este último grupo mediante una mayor diversidad de términos utilizados para la elaboración de las consultas, utilizando términos similares ('ahorra',



identificar patrones de inicio y término del proceso de búsqueda, respectivamente.

Una de las principales barreras que encuentran los jóvenes durante el proceso de búsqueda es la emisión de la primera consulta, por lo tanto, se analizaron las reformulaciones más comunes realizadas a partir de la emisión de la primera consulta. En la Tabla 22 se presentan los resultados, donde se aprecia que los estudiantes del grupo de control, mayoritariamente, emiten una consulta y terminan la búsqueda de información (34.09%, test binomial,  $p < 0.001$ ). Mientras que en el grupo experimental emiten una consulta asociada a un movimiento paralelo después de emitir su primera consulta (27.91%, test binomial,  $p < 0.05$ ).

Transición		Control	Experimental
NQ	EQ	<b>34.09%***</b>	16.28%
NQ	SQ	15.91%	11.63%
NQ	ER	15.91%	4.65%
NQ	MC	11.36%	18.60%
<b>NQ</b>	<b>PM</b>	9.09%	<b>27.91%*</b>
NQ	GE	9.09%	4.65%
NQ	SP	4.55%	16.28%

Tabla 22: Distribución de las transiciones iniciales realizadas por ambos grupos (Binomial,  $p < 0.001$ \*\*\*,  $p < 0.05$ \*).

El criterio de cierre del proceso de búsqueda de información es relevante para comprender el esfuerzo que emplean los sujetos en función de la tarea o desafío de búsqueda de información al que se enfrentan. En la Tabla 23 se muestra la distribución de las preferencias que tienen los estudiantes sobre posibles transiciones de consultas, antes de terminar la búsqueda de información. Tal como era de esperar, el grupo de control termina el proceso de búsqueda después de haber emitido la primera consulta (34.09%, test binomial,  $p < 0.001$ ). Mientras que el grupo experimental terminan la búsqueda, en su mayoría, después de un movimiento paralelo en la emisión de las consultas (25.58%, test binomial,  $p < 0.05$ ). En ambos casos, las preferencias predominantes son significativas en el grupo.

Transición		Control	Experimental
NQ	EQ	<b>34.09%***</b>	16.28%
SQ	EQ	18.18%	20.93%
PM	EQ	18.18%	<b>25.58%*</b>
MC	EQ	11.36%	18.60%
SP	EQ	6.82%	16.28%
ER	EQ	6.82%	0.00%
GE	EQ	4.55%	2.33%

Tabla 23: Distribución de las transiciones de cierre del proceso de búsqueda ejecutadas por ambos grupos (Binomial,  $p < 0.001^{***}$ ,  $p < 0.05^*$ ).

Con el propósito de comprender el esfuerzo invertido se extraen las cinco reformulaciones más comunes para ambos grupos de estudiantes. En la Tabla 24 se aprecian las transformaciones preferidas por los sujetos del grupo de control, destacando que estas cinco transiciones representan el 36.36% del total. Se aprecia la recurrencia del movimiento entre la consulta inicial y el cierre del proceso como principal transformación (11.36%), mientras que en segundo lugar se encuentra el paso de una repetición de la consulta a una nueva repetición de ésta (6.82%). Por lo que estos estudiantes presentan dificultades al momento de iniciar la búsqueda y de formular nuevas consultas.

Transición		Control
NQ	EQ	<b>11.36%</b>
SQ	SQ	<b>6.82%</b>
PM	EQ	6.06%
PM	PM	6.06%
SQ	EQ	6.06%
TOTAL		<b>36.36%</b>

Tabla 24: Principales transiciones ejecutadas por el grupo de control.

En la Tabla 25 se aprecia que las cinco transformaciones preferidas por los sujetos del grupo experimental representan el 39.27% del total. De ellas se extrae que las reformulaciones preferidas en este grupo se sustentan en la realización de búsquedas con movimientos paralelos (10.50%), es decir, un cambio en el propósito de la búsqueda, pero dentro del mismo contexto general. Más aún, los movimientos paralelos se encuentran presentes en tres de las cinco transformaciones preferidas.

Transición		Experimental
PM	PM	10.50%
SQ	SQ	9.13%
MC	MC	8.68%
NQ	PM	5.48%
PM	SQ	5.48%
TOTAL		39.27%

Tabla 25: Principales transiciones ejecutadas por el grupo experimental.

Después de analizar las transformaciones de consultas utilizadas en el inicio y cierre del proceso de búsqueda, así como las reformulaciones preferidas en ambos grupos, quedan en evidencia las diferencias de esfuerzo durante la formulación de las consultas, una de las principales barreras de los estudiantes jóvenes.

### Hipótesis 3.3.

*«La incorporación de una **ventana de esfuerzo creativo** en la interfaz del sistema de búsqueda de información mejora la **calidad creativa** de las soluciones elaboradas por los usuarios»*

Se analizaron las preferencias de los estudiantes sobre posibles transiciones de consultas en los grupos de control y experimental, ahora desagregados por la clasificación de creatividad obtenida a partir de la evaluación de la solución elaborada. En la Tabla 26 se aprecian los resultados obtenidos, donde se extrae que la tendencia del grupo de control por emitir una consulta y cerrar el proceso se mantiene (39.13 y 28.57%). Incluso se observa el mismo comportamiento en los estudiantes no creativos del grupo experimental (21.43%), quienes comparten preferencias por cambios en el contexto (21.43%). Sin embargo, en el grupo de sujetos creativos del grupo experimental dicha tendencia se rompe significativamente hacia movimientos paralelos (34.48%). Los estudiantes creativos del grupo experimental invierten mayor esfuerzo para elaborar consultas dentro del mismo contexto, ya que realizan movimientos paralelos.

## Resultados de la investigación

Transición		Control		Experimental	
		NC	C	NC	C
NQ	PM	8.70%	9.52%	14.29%	<b>34.48%**</b>
NQ	EQ	<b>39.13%**</b>	<b>28.57%*</b>	<b>21.43%</b>	13.79%
NQ	SP	4.35%	4.76%	14.29%	17.24%
NQ	SQ	17.39%	14.29%	14.29%	10.34%
NQ	ER	13.04%	<b>19.05%*</b>	7.14%	3.45%
NQ	GE	4.35%	14.29%	7.14%	3.45%
NQ	MC	13.04%	9.52%	<b>21.43%</b>	17.24%

Tabla 26: Distribución de las transiciones iniciales realizadas por ambos grupos según creatividad (+) y no creatividad (-) (Binomial,  $p < 0.01^{**}$ ,  $p < 0.05^{*}$ ).

En cuanto a los criterios de cierre de la búsqueda, el grupo de control (Tabla 27), independientemente de su clasificación creativa, cierra la búsqueda después de haber emitido la primera consulta (39.13% y 28.57%), además, los creativos del grupo de control prefieren los movimientos paralelos. Los estudiantes no creativos del grupo experimental no tienen una preferencia clara. Sin embargo, los sujetos creativos muestran una significativa preferencia por los movimientos paralelos para cerrar la búsqueda (31.03%).

Transición		Control		Experimental	
		NC	C	NC	C
PM	EQ	13,04%	<b>23,81%</b>	14,29%	<b>31,03%</b>
SQ	EQ	17,39%	19,05%	<b>21,43%</b>	20,69%
MC	EQ	13,04%	9,52%	<b>28,57%</b>	13,79%
NQ	EQ	<b>39,13%</b>	<b>28,57%</b>	<b>21,43%</b>	13,79%
SP	EQ	8,70%	4,76%	14,29%	17,24%
GE	EQ	4,35%	4,76%	0,00%	3,45%
ER	EQ	4,35%	9,52%	0,00%	0,00%

Tabla 27: Distribución de las transiciones de cierre de la búsqueda ejecutadas por ambos grupos según su clasificación de creatividad (Binomial,  $p < 0.01^{**}$ ,  $p < 0.05^{*}$ ).

Las transformaciones preferidas por los sujetos no creativos del grupo de control (Tabla 28) corresponden al cierre después de haber emitido la primera consulta (12.68%) y la repetición sucesiva de una misma consulta (9.86%), destacar que la repetición de una consulta se presenta en tres de las cinco transformaciones más comunes. Por lo que se aprecia la dificultad de parte de estos estudiantes para formular consultas: repitiendo consultas (SQ) y buscando contextos (MC).

Transición		Control
		NC
NQ	EQ	12,68%
SQ	SQ	9,86%
MC	SQ	7,04%
SQ	MC	7,04%
ER	ER	7,04%
TOTAL		43,66%

Tabla 28: Principales transiciones ejecutadas por el grupo de control no creativo.

En cuanto a las preferencias de los estudiantes creativos del grupo de control (Tabla 29), emergen los movimientos paralelos como un patrón recurrente entre los estudiantes más creativos (9.09%). No obstante, el cierre de la búsqueda después de la primera consulta se hace también recurrente (9.09%). Por lo tanto, este grupo de estudiantes surge como una combinación de movimientos paralelos, asociados a la calidad creativa de los estudiantes, y el cierre temprano de la búsqueda, vinculado a la barrera en la elaboración de consultas.

Transición		Control
		C
PM	PM	9,09%
NQ	EQ	9,09%
PM	EQ	7,58%
SQ	EQ	6,06%
NQ	ER	6,06%
TOTAL		37,88%

Tabla 29: Principales transiciones ejecutadas por el grupo de control creativo.

Los sujetos no creativos del grupo experimental (Tabla 30) muestran como primera preferencia la emisión repetida de una misma consulta (16.67%), asociado a la barrera en la formulación de las consultas. Los cambios de contextos se presentan en tres de las cinco preferencias más comunes de este grupo (MC-MC, MC-SQ y MC-EQ), vinculado a la falta de claridad al momento de fijar el foco de la búsqueda. No obstante, a diferencia de los sujetos no creativos del grupo de control, los movimientos paralelos (9.52%) emergen como tercera preferencia, como muestra de que logran definir el contexto y buscar alternativas de solución dentro de éste.

Transición		Experimental
		NC
SQ	SQ	16,67%
MC	MC	15,48%
PM	PM	9,52%
MC	SQ	5,95%
MC	EQ	4,76%
TOTAL		52,38%

Tabla 30: Principales transiciones ejecutadas por el grupo experimental no creativo.

Los estudiantes creativos del grupo experimental muestran una clara preferencia por los movimientos paralelos en el momento de formular consultas (Tabla 31), mostrando una definición del contexto de búsqueda y modificaciones paralelas en busca de información útil o relevante. Los movimientos paralelos son generados desde un movimiento paralelo anterior, al inicio de la búsqueda, hacia una repetición de la consulta, hacia el cierre del proceso o después de haber repetido una consulta previa. En cualquier caso, es esta transformación la que surge como característica representativa de este grupo.

Transición		Experimental
		C
PM	PM	10,49%
NQ	PM	6,99%
PM	SQ	6,99%
PM	EQ	6,29%
SQ	PM	5,59%
TOTAL		36,36%

Tabla 31: Principales transiciones ejecutadas por el grupo experimental creativo.

La primera variable independiente sobre la cual se analiza la calidad creativa de los estudiantes es el género. En la Tabla 32 se muestra la distribución de estudiantes en ambos grupos en función de su clasificación creativa y el género. Se aprecia una tendencia hacia un mayor nivel creativo por parte de las chicas. Aun cuando en el grupo de control la mayoría de las chicas son clasificadas como no creativas (al igual que los chicos), dentro del grupo de sujetos creativos las chicas son mayoría. Este fenómeno se hace más fuerte en el grupo experimental, donde las chicas marcan una clara diferencia (86%). Después de definir un modelo lineal generalizado, considerando las variables Grupo y Género, se muestra un efecto significativo ( $p < 0.01$ ) de la variable Género sobre la clasificación de creatividad, considerando un test Chi-cuadrado con  $p < 0.05$  ( $X^2 = 11.9$ ).

Género	Experimental	Control
Femenino	<b>86%</b>	41%
Masculino	48%	29%

Tabla 32: Distribución de estudiantes creativos por grupo y género.

En segunda instancia se encuentra la variable Edad (Tabla 33). Los resultados no evidencian diferencias en la clasificación de creatividad de los estudiantes de 11 años, lo que puede deberse a los niveles de alfabetización digital o a la madurez de los mismos. Sin embargo, en los estudiantes de entre 12 y 14 años, ambos inclusive, el grupo experimental parece haber alcanzado mayores niveles de creatividad. Después de definir un modelo lineal generalizado, considerando las variables independientes Grupo y Edad, se evidencia un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de esta variable sobre la clasificación de creatividad, considerando un test Chi-cuadrado con  $p < 0.05$  ( $X^2 = 7.4$ ).

Edad	Experimental	Control
11	33%	33%
12	<b>80%</b>	67%
13	<b>91%</b>	50%
14	<b>100%</b>	57%

Tabla 33: Distribución de estudiantes creativos por grupos y edad.

Finalmente, se consideraron las variables Género, Grupo y Edad para definir un modelo lineal generalizado sobre la clasificación de creatividad y determinar el nivel de significancia de dichas variables. El modelo ha demostrado que tanto Género ( $p < 0.001$ ) como Edad ( $p < 0.01$ ) y Grupo ( $p < 0.01$ ) tienen un efecto significativo sobre el nivel de creatividad que alcanzan las soluciones elaboradas por los estudiantes, considerando un test Chi-cuadrado con  $p < 0.001$  ( $X^2 = 16.4$ ).

### 6.3.2. Ventana: Recomendación de Términos Creativos

Hipótesis 3.4.

*«La incorporación de una **ventana de recomendación** de términos creativos en la interfaz del sistema de búsqueda de información modifica el **comportamiento** de los usuarios durante la elaboración de soluciones creativas»*

El comportamiento de búsqueda de información de los participantes se ha analizado desde el punto de vista de indicadores que reflejan su desempeño, considerando las consultas emitidas, las acciones sobre las páginas resultantes de la búsqueda y los términos utilizados en las consultas.

En la Tabla 34 se presentan indicadores que reflejan el comportamiento de ambos grupos en la resolución del desafío propuesto, donde se ve que los estudiantes del grupo experimental han emitido 1356 consultas, bastante más que el grupo de control (1020) considerando la cantidad de participantes de cada grupo. Las consultas únicas se encuentran por sobre el 50% del total emitido para ambos grupos. Mientras que un 13,33% de los estudiantes del grupo de control emitió sólo una consulta durante el proceso de búsqueda de información, lo que demuestra la barrera en la elaboración de consultas que evidencian los estudiantes jóvenes. Este indicador es bastante menor en el grupo experimental (3,73%), lo que demuestra la contribución de la ventana de recomendación de términos en el patrón de emisión de consultas, donde los estudiantes van más allá de la primera consulta y realizan reformulaciones sobre las mismas.

El grupo de control ha utilizado un promedio de 4,94 términos por consulta, mientras que en el grupo experimental este valor alcanza los 4,58 términos. La cantidad de consultas emitidas por los estudiantes es superior en el grupo experimental. Asimismo, al analizar sólo los participantes que emitieron más de una consulta por sesión, la diferencia es significativa ( $p < 0.05$ ), donde el grupo de control emitió un promedio de 8,09 consultas, mientras que el experimental alcanza las 10,87 consultas promedio. Asimismo, el promedio de consultas únicas que cada estudiante emitió por sesión ha demostrado ser significativamente superior ( $p < 0.01$ ) en el grupo experimental, con 6,71 en promedio, con respecto al grupo de control, con 4,33 en promedio, reflejando una mayor diversidad de consultas.

La cantidad de páginas web recuperadas por los estudiantes durante la emisión de las consultas es similar en ambos grupos. Mientras que en el grupo de control eliminaron y archivaron una mayor cantidad de páginas por consulta.

Comportamiento	Experimental	Control
Número de consultas	1356	1020
Número de consultas únicas por grupo	750 (55.31%)	565 (55,39%)
Número de usuarios con una sola consulta	<b>5 (3.73%)</b>	20 (13.33%)
Número promedio de términos por consulta	4.58	4.94
Número promedio de consultas por usuario	10.51	7.15
Número promedio de consultas por usuario ( $q > 1$ )*	10.87	8.09
Número promedio de consultas únicas por usuario**	6.71	4.33
Ratio promedio de consultas únicas por usuario	0.68	0.77
Promedio de páginas recuperadas por consulta	28.81	31.24
Promedio de páginas eliminadas por consulta	0.12	0.42
Promedio de páginas archivadas por consulta	1.04	1.98

Tabla 34: Indicadores del comportamiento de búsqueda para ambos grupos (Anova, 0.01\*\*, 0.05\*).

En relación a la frecuencia de emisión de consultas, el grupo de control las emite, en su mayoría (74,87%), solo en una ocasión (ver Tabla 35), no obstante el comportamiento de emisión de consultas es similar para ambos grupos.

Frecuencia	Experimental	Control
1	69,20%	74,87%
2	15,87%	16,81%
3	7,07%	1,95%
4	2,53%	2,30%
5	1,60%	0,88%
6	0,80%	0,18%
7	0,40%	0,53%
8	0,53%	0,35%
9	0,40%	0,35%
>=10	1,60%	1,77%

Tabla 35: Distribución de la frecuencia de emisión de las consultas de ambos grupos.

La cantidad de consultas emitidas por los estudiantes en cada sesión demuestra el nivel de esfuerzo invertido y la diversidad de los estudiantes con el propósito de descubrir información relevante o útil. En la Tabla 36 se aprecia la distribución de estudiantes que emitieron una cantidad determinada de consultas durante la sesión, donde claramente se observa que cerca del 50% de los estudiantes del grupo de control emiten entre 1 y 4 consultas por sesión. Por el contrario, la mitad de los participantes del grupo experimental se distribuye entre la emisión de 1 y 9 consultas por sesión. Esto evidencia un mayor esfuerzo en la elaboración de consultas por parte de los estudiantes de este grupo en la búsqueda de información.

# Consultas	Experimental	Control
1	3,73%	13,33%
2	8,21%	31,33%
3	10,45%	40,00%
4	15,67%	<b>50,67%</b>
5	20,15%	58,67%
6	27,61%	64,67%
7	35,07%	71,33%
8	47,76%	74,67%
9	<b>55,22%</b>	76,67%
10	60,45%	82,67%
>=11	100,00%	100,00%

Tabla 36: Frecuencia acumulada de estudiantes que emiten un número particular de consultas en ambos grupos.

Finalmente, en la Figura 21 se aprecian cuatro nubes de palabras generadas con los términos utilizados por los estudiantes del grupo de control (a) y (c), así como también, el experimental (b) y (d). En ellas se



que éstas siguen en función de la clasificación de transiciones (Boldi et al., 2009). Dicha clasificación considera dos ejes de reformulación de consultas: Disimilitud y Especificidad. El primer eje establece reformulaciones de consultas que van desde la emisión de la misma consulta (SQ), pasando por la corrección de errores (EC), parafraseo equivalente (ER), movimiento paralelo (PM) hasta un cambio en la misión (MC). Mientras que el eje de especificidad establece reformulaciones por generalización (GE) o por especialización (SP). Por lo tanto, todas las reformulaciones de las consultas emitidas fueron clasificadas manualmente en función de dicha taxonomía. También se añadieron dos estados: primera consulta (NQ) y consulta final (EQ) para identificar patrones de inicio y término del proceso de búsqueda, respectivamente.

Una de las principales barreras que encuentran los jóvenes durante el proceso de búsqueda es la emisión de la primera consulta, por lo tanto, se analizaron las reformulaciones más comunes realizadas a partir de la emisión de la primera consulta. En la Tabla 37 se presentan los resultados, donde se aprecia que los estudiantes de ambos grupos, mayoritariamente, emiten una consulta y cambian el contexto de la búsqueda (23,33% de control y 29.86% experimental). Por otra parte, los estudiantes del grupo de control muestran una preferencia significativa en la cierre de la búsqueda (13,33%) y la especialización (10,67%), con respecto al grupo experimental. Mientras que este grupo evidencia una preferencia por el parafraseo de las consultas (12,69%) con respecto al grupo de control.

Transición		Control	Experimental
IQ	EC	1,33%	3,73%
IQ	EQ	<b>13,33%*</b>	3,73%
IQ	ER	4,67%	<b>12,69%*</b>
IQ	GE	6,00%	1,49%
IQ	MC	<b>23,33%</b>	<b>29,85%</b>
IQ	PM	11,33%	13,43%
IQ	SP	<b>10,67%*</b>	2,24%
IQ	SQ	29,33%	32,84%

Tabla 37: Distribución de las transiciones iniciales realizadas por ambos grupos (Binomial,  $p < 0.05^*$ ).

El criterio de cierre del proceso de búsqueda de información es relevante para comprender el esfuerzo que emplean los sujetos en función de la tarea o desafío de búsqueda de información al que se enfrentan. En la Tabla 38 se muestra la distribución de las preferencias que tienen los estudiantes sobre posibles transiciones de consultas, antes de terminar la búsqueda de información. Ambos grupos presentan una amplia repetición de consultas antes del cierre (24,00% de control y 29,10% experimental). El grupo de control presenta una preferencia mayor al grupo experimental por termina el proceso de búsqueda después de haber emitido la primera consulta

## Resultados de la investigación

(13,33%) y después de una generalización (8%). Mientras que el grupo experimental evidencia una preferencia mayor al grupo de control en el parafraseo (16,42%).

Transición		Control	Experimental
EC	EQ	1,33%	2,99%
ER	EQ	4,67%	<b>16,42%*</b>
GE	EQ	<b>8,00%*</b>	2,99%
IQ	EQ	<b>13,33%*</b>	3,73%
MC	EQ	<b>20,00%</b>	<b>17,91%</b>
PM	EQ	<b>19,33%</b>	<b>22,39%</b>
SP	EQ	9,33%	4,48%
SQ	EQ	<b>24,00%</b>	<b>29,10%</b>

Tabla 38: Distribución de las transiciones de cierre del proceso de búsqueda ejecutadas por ambos grupos (Binomial,  $p < 0.05^*$ ).

Con el propósito de comprender el esfuerzo invertido se extraen las cinco reformulaciones más comunes para ambos grupos de estudiantes. En la Tabla 39 se aprecian las transformaciones preferidas por los sujetos del grupo de control, destacando que estas cinco transiciones representan el 41,42% del total. Se aprecia la recurrencia del movimiento entre consultas iguales (22,20%) y los cambios de contextos (7,37%), mientras que en tercer lugar se encuentra el paso de un movimiento paralelo a otro (4,38%). Finalmente, se evidencian preferencias por la emisión de consultas idénticas en tres de las cinco transiciones más comunes. Por lo que estos estudiantes presentan dificultades al momento de iniciar la búsqueda y de formular nuevas consultas.

Transición		Control
SQ	SQ	<b>22,20%</b>
MC	MC	<b>7,37%</b>
PM	PM	4,38%
IQ	SQ	4,10%
SQ	EQ	3,36%
TOTAL		41,42%

Tabla 39: Principales transiciones ejecutadas por el grupo de control.

En la Tabla 40 se aprecia que las cinco transformaciones preferidas por los sujetos del grupo experimental representan el 38,07% del total. De ellas se extrae que las reformulaciones preferidas en este grupo se concentran en la emisión de consultas idénticas (14,56%) y los cambios de contextos (10,80%), al igual que el de control pero con menor impacto general. No obstante, en tres de las cinco transiciones más preferidas por los estudiantes del grupo experimental se encuentran los movimientos paralelos, es decir, el cambio del propósito de la búsqueda dentro del mismo contexto.

Transición		Experimental
SQ	SQ	14,56%
MC	MC	10,80%
PM	PM	5,33%
PM	SQ	3,84%
SQ	PM	3,55%
TOTAL		38,07%

Tabla 40: Principales transiciones ejecutadas por el grupo experimental.

Después de analizar las transformaciones de consultas utilizadas en el inicio y cierre del proceso de búsqueda, así como las reformulaciones preferidas en ambos grupos, quedan en evidencia diferencias en la diversidad de las consultas y sus transformación durante la búsqueda, una de las principales barreras de los estudiantes jóvenes. Aun cuando, se aprecian dificultades en la elaboración de consultas en ambos grupos debido a la alta preferencia por las repeticiones de consultas y cambios de contextos.

### Hipótesis 3.6.

*«La incorporación de una **ventana de recomendación** de términos creativos en la interfaz del sistema de búsqueda de información mejora la **calidad creativa** de las soluciones elaboradas por los usuarios»*

Se analizaron las preferencias de los estudiantes sobre posibles transiciones de consultas en los grupos de control y experimental, ahora desagregados por la clasificación de creatividad obtenida a partir de la evaluación de la solución elaborada. En la Tabla 41 se aprecian los resultados obtenidos, donde se extrae que la tendencia de los estudiantes no creativos del grupo de control por emitir una consulta y cerrar el proceso se mantiene (17,65%). Este comportamiento es bastante menor en el grupo experimental, independiente de la clase creativa (5,41% para no creativos y 1,67% para creativos). Además, los estudiantes del grupo experimental presentan una alta preferencia por el parafraseo de las consultas buscando nuevas representaciones (14,86% en no creativos y 10% en creativos). Finalmente, los estudiantes creativos del grupo experimental invierten mayor esfuerzo en la elaboración de consultas realizando cambios de contextos (33,33%), movimientos paralelos (16,67%) y parafraseos (10%).

## Resultados de la investigación

Transición		Control		Experimental	
		NC	C	NC	C
IQ	EC	0,00%	3,08%	1,35%	6,67%*
IQ	EQ	<b>17,65%*</b>	7,69%	5,41%	1,67%
IQ	ER	4,71%	4,62%	<b>14,86%</b>	<b>10,00%</b>
IQ	GE	5,88%	6,15%	1,35%	1,67%
IQ	MC	25,88%	20,00%	27,03%	<b>33,33%</b>
IQ	PM	5,88%	18,46%	10,81%	<b>16,67%</b>
IQ	SP	8,24%	13,85%	1,35%	3,33%
IQ	SQ	31,76%	26,15%	37,84%	26,67%

Tabla 41: Distribución de las transiciones iniciales realizadas por ambos grupos según creatividad (+) y no creatividad (-) (Binomial,  $p < 0.05^*$ ).

En cuanto a los criterios de cierre de la búsqueda, los estudiantes no creativos del grupo de control (Tabla 42) cierran la búsqueda después de haber emitido la primera consulta (17,65%), además, los creativos del grupo de control prefieren los movimientos paralelos (23,33%).

Transición		Control		Experimental	
		NC	C	NC	C
EC	EQ	2,35%	0,00%	2,70%	3,33%
ER	EQ	3,53%	6,15%	14,86%	<b>18,33%*</b>
GE	EQ	7,06%	9,23%	4,05%	1,67%
IQ	EQ	<b>17,65%*</b>	7,69%	5,41%	1,67%
MC	EQ	15,29%	26,15%	14,86%	21,67%
PM	EQ	23,53%	13,85%	21,62%	23,33%
SP	EQ	5,88%	13,85%	5,41%	3,33%
SQ	EQ	24,71%	23,08%	31,08%	26,67%

Tabla 42: Distribución de las transiciones de cierre de la búsqueda ejecutadas por ambos grupos según su clasificación de creatividad (Binomial,  $p < 0.05^*$ ).

Las transformaciones preferidas por los sujetos no creativos del grupo de control (Tabla 43) corresponden a las repeticiones de consultas y el cambio de contexto. Por lo que se aprecia la dificultad de parte de estos estudiantes para formular consultas tanto repitiendo consultas (SQ) como buscando contextos (MC) en cuatro de las cinco transiciones preferidas.

Transición		Control -
SQ	SQ	22,84%
MC	MC	6,40%
IQ	SQ	4,67%
IQ	MC	3,81%
PM	PM	3,81%
TOTAL		41,52%

Tabla 43: Principales transiciones ejecutadas por el grupo de control no creativo.

En cuanto a las preferencias de los estudiantes creativos del grupo de control (Tabla 44), se mantienen como principales preferencias la

repetición de consultas y los cambios de contexto en similar medida que los estudiantes no creativos. No obstante, los movimientos paralelos suben en su nivel de preferencia (5,06%) respecto a los estudiantes no creativos del mismo grupo. Por lo tanto, este grupo de estudiantes surge como una combinación de movimientos paralelos, asociados a la calidad creativa de los estudiantes, la repetición de consultas y los cambios de contextos, vinculado a la barrera en la elaboración de consultas.

Transición		Control +
SQ	SQ	21,46%
MC	MC	8,50%
PM	PM	5,06%
IQ	SQ	3,44%
MC	EQ	3,44%
TOTAL		41,90%

Tabla 44: Principales transiciones ejecutadas por el grupo de control creativo.

Los sujetos no creativos del grupo experimental (Tabla 45) muestran como primeras preferencias la repetición de consultas y los cambios de contextos, incluso tienen el mayor porcentaje de preferencia de todos los grupos en estudio. Los cambios de contextos y la repetición de consultas se presentan en cuatro de las cinco preferencias más comunes de este grupo (SQ-SQ, MC-MC, SQ-MC y IQ-MC), vinculado a la falta de claridad al momento de fijar el foco de la búsqueda. No obstante, a diferencia de los sujetos no creativos del grupo de control, los movimientos paralelos (5,15%) emergen como tercera preferencia, como muestra de que logran definir el contexto y buscar alternativas de solución dentro de éste.

Transición		Experimental -
SQ	SQ	18,07%
MC	MC	14,51%
PM	PM	5,15%
SQ	MC	3,83%
IQ	SQ	3,69%
TOTAL		45,25%

Tabla 45: Principales transiciones ejecutadas por el grupo experimental no creativo.

Los estudiantes creativos del grupo experimental también muestran la mayor preferencia por la repetición de consultas y los cambios de contextos, pero con menor influencia que en el resto de grupos en estudio (Tabla 46). Los movimientos paralelos son generados desde un movimiento paralelo anterior, después de la repetición de una consulta o hacia la repetición de una consulta previa. En cualquier caso, es esta transformación (PM) la que surge como característica representativa de este grupo.

Transición		Experimental +
SQ	SQ	10,46%
MC	MC	6,46%
PM	PM	5,54%
SQ	PM	4,77%
PM	SQ	4,31%
TOTAL		31,54%

Tabla 46: Principales transiciones ejecutadas por el grupo experimental creativo.

La primera variable independiente sobre la cual se analiza la calidad creativa de los estudiantes es el género. En la Tabla 47 se muestra la distribución de estudiantes en ambos grupos en función de su clasificación creativa y el género. Se aprecia una tendencia hacia un mayor nivel creativo por parte de las chicas. Aun cuando en el grupo de control la mayoría de las chicas son clasificadas como no creativas (al igual que los chicos), dentro del grupo de sujetos creativos las chicas son mayoría. Este fenómeno se hace más fuerte en el grupo experimental, donde las chicas marcan una clara diferencia (52,46%). Después de definir un modelo lineal generalizado, considerando las variables Grupo y Género, se muestra un efecto significativo ( $p < 0.01$ ) de la variable Género sobre la clasificación de creatividad, considerando un test Chi-cuadrado con  $p < 0.05$  ( $X^2 = 11.2$ ). No obstante, los chicos presentan una disminución en la calidad creativa de las soluciones generadas dentro del grupo experimental, aun cuando el porcentaje es similar en ambos grupos.

Género	Experimental	Control
Femenino	<b>52.46%</b>	46.88%
Masculino	38.36%	40.69%

Tabla 47: Distribución de estudiantes creativos por grupo y género.

En segunda instancia se encuentra la variable Edad (Tabla 48). Los resultados evidencian diferencias en la clasificación de creatividad de los estudiantes entre los 10 y los 12 años, lo que demuestra el soporte de la recomendación de términos creativos para superar la barrera de la alfabetización digital y refuerza la hipótesis de que los novatos son más susceptibles de aceptar las recomendaciones. Sin embargo, en los estudiantes de entre 13 y 14 años, el grupo de control parece haber alcanzado mayores niveles de creatividad, lo que puede deber a que tienen mayor confianza en ellos y tienden a no aceptar las recomendaciones. Después de definir un modelo lineal generalizado, considerando las variables independientes Grupo y Edad, se evidencia un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de esta variable sobre la clasificación de creatividad, considerando un test Chi-cuadrado con  $p < 0.05$  ( $X^2 = 8.2$ ).

Edad	Experimental	Control
10	<b>10,53%</b>	9,52%
11	<b>48,28%</b>	37,93%
12	<b>47,62%</b>	40,82%
13	50,00%	<b>81,82%</b>
14	63,33%	<b>67,65%</b>

Tabla 48: Distribución de estudiantes creativos por grupos y edad.

Finalmente, se consideraron las variables Género, Grupo y Edad para definir un modelo lineal generalizado sobre la clasificación de creatividad y determinar el nivel de significancia de dichas variables. El modelo ha demostrado que tanto Género ( $p < 0.01$ ) como Edad ( $p < 0.01$ ) y Grupo ( $p < 0.05$ ) tienen un efecto significativo sobre el nivel de creatividad que alcanzan las soluciones elaboradas por los estudiantes, considerando un test Chi-cuadrado con  $p < 0.01$  ( $X^2 = 14.9$ ).

## 6.4. Resumen

Los instrumentos de evaluación de la creatividad más relevantes que han sido propuesto se sustentan, principalmente, en la capacidad asociativa de los individuos y sus habilidades de generación de ideas creativas: el RAT y el TTCT. Estos instrumentos requieren de experiencia en creatividad por parte, tanto de quienes los aplican como de quienes evalúan las respuestas. Asimismo, los instrumentos requieren de tiempo exclusivo para su aplicación y para su revisión, considerando que la evaluación se realiza de manera explícita y directa. En consecuencia, se vuelve compleja la realización de una medición periódica de la creatividad.

En esta línea, esta tesis propuso la evaluación automática de la creatividad por medio de la extracción de propiedades creativas desde un conjunto de datos obtenidos de un estudio experimental de usuarios. El primer modelo, basado en una bolsa de palabras, extraía la distribución de frecuencia de las palabras dentro del espacio de respuestas elaboradas por los estudiantes. Con este modelo vectorial, se alcanzaban buenas tasas de acierto en la clasificación creativa del comportamiento asociativo de los participantes, principalmente con la utilización del clasificador basado en árboles de decisión. No obstante, el desempeño no se mostró estable frente a la utilización de distintos clasificadores ni frente al tamaño de la muestra. El segundo modelo, basado en indicadores creativos, obtenía mediciones acerca de la fluidez, flexibilidad y originalidad de las asociaciones realizadas por los estudiantes. Con estas propiedades, los clasificadores basados en máquinas de vectores soporte brindaron el desempeño más estable en la tarea de clasificar creativamente el comportamiento asociativo de los estudiantes, independiente del tamaño del conjunto de muestras. En términos generales de la experimentación,

las mujeres tendieron a ser más fluidas que los hombres en las tareas de asociación de palabras, independiente de la edad. Por lo tanto, la construcción de modelos de usuario que describan el comportamiento asociativo de los estudiantes permitió discriminar automáticamente a los estudiantes más creativos en función de sus respuestas.

En una siguiente fase, se propuso la implementación de un modelo de evaluación automática e implícita de la capacidad creativa de los estudiantes, por lo que se diseñaron tres modelos de usuario basados en la habilidad de búsqueda de información: 1) los Puntos de vista implícitos en las consultas (PoV), 2) la Diversidad explícita del patrón de consultas (DoQ) y 3) las Características creativas. La evaluación del primer modelo demostró que es factible predecir la calidad creativa con un alto nivel de acierto (76%), lo que se equipara a estudios similares sobre el comportamiento de búsqueda de información. No obstante, el modelo depende altamente del nivel de alfabetización digital de los participantes y la evaluación se realizó con las respuestas de 53 estudiantes, lo que implica una baja cantidad de información acerca del comportamiento de búsqueda. El segundo modelo demostró que es posible predecir la calidad creativa de las soluciones mejor que el primero y por medio del patrón de diversidad de las consultas obtenido del análisis de conceptos en Wikipedia. Mientras que el tercer modelo brinda mayor estabilidad en la evaluación de la calidad creativa de las soluciones que los primeros dos modelos y se ha diseñado directamente en función de la teoría asociativa.

Los resultados evidencian que la combinación de los indicadores de flexibilidad, fluidez y originalidad de las consultas emitidas por los estudiantes, a la hora de predecir la calidad creativa de la solución, brindan un mayor equilibrio en el rendimiento de los clasificadores, es decir, una mejor relación entre la clasificación de instancias positivas y negativas. Asimismo, la incorporación del indicador de elaboración en el modelo reduce el rendimiento de los clasificadores. Esto podría deberse a las barreras que tienen los estudiantes del rango etario incluido en la muestra cuando enfrentan la formulación de consultas durante tareas de búsqueda de información (Duarte Torres & Weber, 2011a; Foss & Druin, 2014; Usta, Altıngövdü, & Vidinli, 2014). Por lo tanto, la evaluación es automática e implícita, debido a que nuevas propiedades creativas son extraídas a partir del patrón de emisión de consultas.

El soporte creativo fue estudiado en esta tesis a través de la incorporación de: 1) una ventana con indicadores de esfuerzo creativo y 2) un modelo de recomendación de términos. La ventana de esfuerzo creativo demostró contribuir positivamente al incremento de la exploración en la búsqueda, reduce las barreras de elaboración de consultas e incrementa la calidad

creativa de las soluciones elaboradas, sobre todo en chicas y estudiantes de mayor edad. Mientras que la ventana de recomendación de términos creativos demostró influir positivamente en el número de consultas por usuario, el número de consultas únicas por usuario, la exploración durante la búsqueda y la calidad creativa de las soluciones elaboradas, principalmente en estudiantes de menor edad y chicas. Por lo tanto, la incorporación de ambas ventanas de soporte creativo contribuye a mejorar la calidad creativa de las soluciones por medio de un mayor esfuerzo.



## 7. Conclusiones y líneas futuras

---

En esta tesis se ha presentado el trabajo realizado para demostrar la relación del comportamiento de búsqueda de información con la resolución creativa de problemas complejos. Para ello, se han revisado estudios acerca del proceso creativo a través de diversos enfoques metodológicos y se han descrito los principales instrumentos de evaluación de la habilidad creativa, así como sus limitaciones en la aplicación cotidiana. Asimismo, se han analizado los estudios del comportamiento de búsqueda de información de estudiantes jóvenes, infiriendo las variables que influyen sobre éste y las barreras que dificultan la recuperación de información. En el presente capítulo se presentan el resumen del proceso de investigación, las conclusiones del estudio y las líneas futuras derivadas de esta tesis.

### 7.1. Resumen del proceso de investigación

La investigación realizada se divide en seis hitos incrementales estrechamente vinculados, que comienzan con un enfoque exploratorio durante la estructuración del estudio, para terminar con un enfoque descriptivo y correlacional del análisis del comportamiento de búsqueda frente al soporte creativo. A continuación, se describe el trabajo realizado en cada uno de los hitos.

#### *Hito 1. Establecimiento de la hipótesis de la investigación.*

La resolución creativa de problemas se ha convertido en una de las competencias más importantes en el siglo XXI, junto con la búsqueda de información en la web como vía de construcción de conocimiento. Además, los estudiantes con un alto rendimiento académico no elaboran, necesariamente, procesos efectivos y eficientes tanto de creatividad como de búsqueda de información. Si bien, existen programas de entrenamiento para formar a los estudiantes en ambas habilidades, los instrumentos de evaluación del potencial creativo requieren de bastante experiencia por parte de los revisores, el tiempo necesario para su aplicación es alto, los procedimientos son de acción directa y explícita y, en muchos casos, han sido validados solo en adultos o tienen alta subjetividad.

En esta tesis se propuso evaluar automática e implícitamente la creatividad de los estudiantes a partir de su comportamiento de búsqueda de información para mejorar la calidad creativa de las soluciones elaboradas,

considerando que la resolución de problemas obtiene importantes beneficios de la búsqueda de información en la web.

### *Hito 2. Revisión del estado de la literatura.*

Los estudios revisados sobre el comportamiento creativo han demostrado que la motivación intrínseca, las estrategias de control y, principalmente las habilidades de asociación de conceptos son fundamentales en la generación de ideas creativas. Estas últimas establecen que cuanto mayor cantidad, diversidad, originalidad y elaboración de asociaciones se realicen, mayor será la oportunidad de que surjan ideas creativas. El proceso creativo corresponde a la resolución de problemas complejos o heurísticos, donde existe una intensiva generación de alternativas por medio de asociaciones conceptuales poco tradicionales que permiten la recuperación de información útil y relevante.

Internet se ha convertido en una inmensa base de conocimiento que crece y se actualiza constantemente, tanto en el tamaño de la información generada periódicamente, como en la cantidad de usuarios que acceden a ella. Por ello es que los motores de búsqueda se han posicionado como una de las herramientas imprescindibles para la sociedad del conocimiento. Sin embargo, la eficiencia y efectividad de los procesos de búsqueda dependen de factores que van más allá de la interfaz del sistema de búsqueda. En esta tesis se han revisado estudios acerca del comportamiento de búsqueda de información realizados por niños y jóvenes, quienes están en proceso de formación de sus competencias, realizan un uso intensivo de las tecnologías de información y presentan una serie de barreras que no aseguran la eficiencia y efectividad del proceso.

La revisión de la literatura permitió determinar los enfoques metodológicos utilizados en el estudio de la creatividad previos y las características de los principales instrumentos de evaluación de esta habilidad. Asimismo, se caracterizó el comportamiento de búsqueda de información, se determinaron las variables que influyen en la eficiencia y efectividad de los usuarios jóvenes y se describieron los métodos de extracción de las acciones de búsqueda de información. Finalmente, se determinó la carencia de una relación conceptual explícita entre la creatividad y la búsqueda de información en la web, por lo que las hipótesis planteadas en este estudio no han sido validadas previamente.

### ***Hito 3. Definición de un marco conceptual.***

Debido a la similitud y complementariedad de los procesos creativo y de búsqueda de información, en esta tesis se definió un marco conceptual – MRCD – que extiende el conocimiento del proceso de elaboración de soluciones creativas a través del análisis del comportamiento de búsqueda, describe el comportamiento asociativo presente en la resolución creativa de desafíos en la web y vincula las habilidades creativas con la emisión de consultas durante la búsqueda de información. Asimismo, se desarrolló una plataforma web – GoNSA – que implementa la resolución creativa de desafíos complejos, registra el comportamiento de los usuarios y permite soportar activamente la búsqueda. Así, las habilidades asociativas se establecen como mediadoras entre la creatividad y el comportamiento de los usuarios, por lo que permiten el desarrollo de modelos de usuario destinados a evaluar la calidad creativa de los estudiantes y mejorar la calidad de las soluciones elaboradas frente a problemas complejos.

La definición del marco conceptual entre ambas habilidades permitió la elaboración de varios modelos de usuario con el fin de 1) evaluar automáticamente la creatividad, 2) evaluar automática e implícitamente la calidad creativa de las soluciones y 3) soportar creativamente el proceso de búsqueda de información con indicadores acerca del comportamiento de los usuarios para mejorar la calidad de sus soluciones.

### ***Hito 4. Evaluación automática de la creatividad.***

Debido a que la creatividad ha sido evaluada de manera transversal por medio de procedimientos de asociación de palabras o pensamiento divergente, en trabajos previos se propusieron diversos modelos computacionales orientados a extraer características que describen las habilidades asociativas de los individuos (Gross, Toivonen, & Toivanen, 2012; Toivonen, Gross, & Toivanen, 2013; Velde, Wolf, Schmettow, & Nazareth, 2015). Sin embargo, hasta nuestro conocimiento, no existen modelos de usuario que permitan evaluar automáticamente la calidad creativa de individuos, aun cuando estos trabajos demuestran la factibilidad de obtener indicadores creativos a partir de estudios experimentales que contribuyan a alcanzar el propósito mencionado. En esta línea, en este trabajo se propuso la evaluación automática de la creatividad por medio de la extracción de propiedades creativas desde un conjunto de datos obtenidos de un estudio experimental de usuarios.

Dos modelos de usuario fueron propuestos, ambos se basan en las capacidades asociativas de los usuarios y en función las respuestas que

éstos brindan a tareas de asociación libre de palabras. El primer modelo se sustenta en una bolsa de palabras que extrae la distribución de frecuencia de las palabras dentro del espacio de respuestas elaboradas por los estudiantes. Con este modelo vectorial, se alcanzaban buenas tasas de acierto en la clasificación creativa del comportamiento asociativo de los participantes. No obstante, el desempeño no se mostró estable frente a la utilización de distintos clasificadores ni frente al tamaño de la muestra. Mientras que el segundo modelo, que se basa en indicadores creativos, obtenía mediciones acerca de la fluidez, flexibilidad y originalidad de las asociaciones realizadas por los estudiantes. Con estas propiedades, los clasificadores basados en máquinas de vectores soporte brindaron el desempeño más estable en la tarea de clasificar creativamente el comportamiento asociativo de los estudiantes, independiente del tamaño del conjunto de muestras.

Por lo tanto, ambos modelos de usuario tienen el propósito de discriminar automáticamente a los estudiantes más creativos en función de sus respuestas, de manera similar a los trabajos previos (Gross et al., 2012; Toivonen et al., 2013; Velde et al., 2015).

### *Hito 5. Evaluación automática e implícita de soluciones.*

El proceso de búsqueda de información es un proceso interactivo y asociativo, en el cual los usuarios deben resolver una necesidad de información por medio de la elaboración de una secuencia o cadena de consultas (términos) para alcanzar la información relevante o útil. Este proceso describe un comportamiento de búsqueda de los usuarios, el que depende de su conocimiento y habilidades, de la complejidad del problema o tarea a resolver, de las funcionalidades de los sistemas de búsqueda y de las restricciones propias del contexto.

Por consiguiente, debido a que los instrumentos de evaluación de las características creativas requieren de tiempo, esfuerzo e intervención directa en el aula, se propusieron y evaluaron tres modelos de usuario basados en: 1) los Puntos de vista implícitos en las consultas (PoV), 2) la Diversidad explícita del patrón de consultas (DoQ) y 3) las Características creativas calculadas a partir del proceso de búsqueda de información. Estos modelos buscan establecer un instrumento automático e implícito de evaluación de la calidad creativa de las soluciones elaboradas por estudiantes. El instrumento propuesto se sustenta en la implementación del Marco de Resolución Creativa de Desafíos – MRCD, donde los estudiantes aceptan un problema de información complejo (creativo), ejecutan un proceso de búsqueda de información y elaboran una solución lo más creativa posible.

El primer modelo se sustenta en puntos de vista implícitos en las consultas emitidas, determina la diversidad inherente en el patrón de búsqueda de información y contribuye con la evaluación de la creatividad debido a que reduce el tiempo requerido para la implementación y análisis de un instrumento de evaluación. El segundo modelo se fundamenta en la diversidad explícita de las consultas con respecto a los conceptos de Wikipedia implícitos en el desafío. Mientras que el tercer modelo se establece en función de indicadores creativos basados en las habilidades asociativas extraídas de manera implícita desde el patrón de consultas y se ha diseñado directamente en función de la teoría asociativa.

### *Hito 6. Soporte creativo a la búsqueda de información.*

Durante la revisión de la literatura sobre el comportamiento de usuarios en la búsqueda de información se determinó que los jóvenes se enfrentan a barreras en la elaboración de consultas, en la selección de términos, en el inicio y cierre de la búsqueda, así como en las estrategias de exploración de las fuentes de información. Esto impacta en el desempeño de la búsqueda, ya que produce en un bajo nivel de eficiencia y efectividad en la resolución de tareas, principalmente las más complejas. Por consiguiente, en esta tesis se han propuesto dos funcionalidades de soporte creativo a la búsqueda de información: 1) una ventana de esfuerzo creativo y 2) una ventana de recomendación de términos creativos.

La ventana de esfuerzo creativo informa a los usuarios sobre su desempeño, el esfuerzo invertido durante la sesión en curso y el comportamiento evidenciado por usuarios creativos. En consecuencia, la herramienta provee información acerca de criterios de novedad, relevancia, satisfacción y utilidad con el propósito de soportar las decisiones de los usuarios. Mientras que la ventana de recomendación de términos creativos soporta la exploración y elaboración de consultas a través de la recomendación de términos a partir de su valoración creativa.

## **7.2. Conclusiones de la investigación**

A partir del proceso de investigación desarrollado en esta tesis y descrito anteriormente, se provee de la evidencia necesaria para dar respuesta a las hipótesis y sub-hipótesis planteadas.

*H1: «El comportamiento de los estudiantes frente a tareas de asociación libre de palabras proporciona indicadores que permiten **discriminar automáticamente** la habilidad creativa de los individuos»*

La evaluación automática de la creatividad se sustenta en las habilidades asociativas, por lo que se construyeron y validaron los dos modelos de usuario basados en las respuestas de los estudiantes a tareas de asociación libre de palabras. Ambos modelos demostraron ser capaces de discriminar la calidad creativa de los participantes, aun cuando el modelo basado en características creativas resultó ser más robusto. Por lo tanto, el comportamiento de asociación de los estudiantes permite discriminar automáticamente la calidad creativa. En términos generales de la experimentación, las mujeres tendieron a ser más fluidas que los hombres en las tareas de asociación de palabras, independiente de la edad.

*H2: «El comportamiento de búsqueda de información de los estudiantes proporciona evidencia para **predecir implícita** y **automáticamente** la calidad creativa de la solución para promover mejoras en la calidad de las soluciones»*

Los resultados del primer modelo, alcanzados durante la evaluación de los clasificadores entrenados con la diversidad de las consultas, demuestran que es factible predecir la calidad creativa con un alto nivel de acierto (76%), lo que se equipara a estudios similares sobre el comportamiento de búsqueda de información (H2.1). No obstante, el modelo depende altamente del nivel de alfabetización digital de los participantes, ya que se basa fuertemente en el análisis estadístico de los términos emitidos por los estudiantes; y la evaluación se realizó con las respuestas de 53 estudiantes que consideraron emitir al menos una consulta, lo que implica una baja cantidad de información acerca del comportamiento de búsqueda.

Los resultados del segundo modelo han confirmado que es posible predecir la calidad creativa de las soluciones por medio del patrón de diversidad de las consultas con altos niveles de sensibilidad (78.43%) y considerando que este modelo captura los principales conceptos de Wikipedia asociados a la necesidad de información (H2.2). También se han generado resultados satisfactorios y que equilibran la sensibilidad (64.68%) y la especificidad (60.27%), lo que contribuye con una mejor detección de ambos casos de soluciones y, por lo tanto, abre la puerta a la generación de soluciones que permitan mejorar la calidad creativa de las mismas. Finalmente, los resultados obtenidos durante la evaluación de este modelo de usuario demuestran que cuenta con un poder de discriminación de la calidad creativa de las soluciones equivalente a otros modelos de usuario basados en el proceso de búsqueda de información, tales como la predicción del éxito de búsqueda, con una precisión del 77% (Eickhoff et al., 2012); o el nivel de conocimiento de los usuarios, con una precisión del 65.15% (Liu et al., 2016).

Los resultados del tercer modelo, basado en la combinación de los indicadores de flexibilidad, fluidez y originalidad de las consultas emitidas

por los estudiantes, provee un mayor equilibrio del rendimiento de los clasificadores en la predicción de la calidad creativa de las soluciones (H2.3). Asimismo, muestra que la incorporación del indicador de elaboración en el modelo reduce el rendimiento en la predicción de instancias negativas, por lo que la longitud de las consultas utilizada para formalizar la elaboración ha resultado ser un atributo ruidoso en la discriminación entre soluciones creativas y no creativas.

Por lo tanto, la evaluación es automáticamente generada durante la búsqueda de información y es implícita, debido a que nuevas propiedades creativas de los participantes son extraídas a partir del patrón de emisión de consultas.

*H3: «La incorporación de **soporte creativo** en la interfaz del sistema de búsqueda de información permite mejorar la calidad de las soluciones en términos de creatividad e influir en el comportamiento de los usuarios»*

El soporte creativo, basado en información del esfuerzo creativo, demostró diferencias significativas en el comportamiento de búsqueda de información en relación a estudiantes que carecían de esta funcionalidad (H3.1). Las diferencias se producen, principalmente, en el patrón de emisión de consultas y los sitios web recuperados. Asimismo, el esfuerzo invertido por estudiantes que cuentan con indicadores es significativamente mayor al de quienes carecen de ellos, demostrando el grupo experimental una preferencia por la reformulación de consultas por medio de movimientos paralelos. Finalmente, se ha observado una mayor calidad creativa de las soluciones elaboradas por el grupo experimental y, particularmente, las chicas marcan una diferencia aún mayor que los chicos.

El esfuerzo invertido y los criterios utilizados por los estudiantes para iniciar o finalizar un proceso de búsqueda de información son cruciales para dar soporte a las barreras que presentan los estudiantes en edades tempranas (H3.2). Los resultados demostraron que existen diferencias significativas entre ambos grupos en los criterios de inicio y cierre de los procesos de búsqueda de información. Aquellos estudiantes que tenían habilitada la ventana de esfuerzo se mostraron más propensos a iniciar y terminar las búsquedas por medio de movimientos paralelos dentro del mismo contexto. Mientras que quienes no tenían acceso a dicha información de esfuerzo terminaban la búsqueda después de haber emitido la primera consulta, probablemente por la barrera en la formulación de consultas que se presenta en estudiantes jóvenes (Druin, Foss, Hutchinson, Golub, & Hatley, 2010). Es interesante destacar que los estudiantes creativos utilizan de manera generalizada los movimientos paralelos como estrategia de reformulación de consultas, lo que se vincula

con habilidades asociativas sobre las cuales se sustentan los instrumentos de evaluación de la creatividad (Benedek & Neubauer, 2013; Coney & Serna, 1995; Mednick, 1962; Torrance & Goff, 1990). Por lo tanto, entregar información acerca de la relevancia y novedad durante la búsqueda influye en el desempeño y, particularmente, en el esfuerzo invertido.

Finalmente, el efecto de la ventana de esfuerzo, la edad y el género, como variables independientes, sobre la calidad creativa de las soluciones permite comprender la existencia de diferencias en la calidad creativa de las soluciones elaboradas por los estudiantes que reciben indicadores de esfuerzo (H3.3). Los resultados muestran que existe un efecto significativo tanto del género, como de la edad y del grupo al cual pertenecen los estudiantes. Esto confirma que la incorporación de información acerca del desempeño, la novedad de los resultados y la utilidad de las consultas contribuye a mejorar la calidad creativa de las soluciones por medio de un mayor esfuerzo, siendo los estudiantes de más edad y las chicas quienes obtienen mayores beneficios de este nuevo instrumento.

La incorporación de una ventana de recomendación de términos creativos ha demostrado que existen diferencias significativas entre los grupos en cuanto a la cantidad de usuarios con una sola consulta por sesión, al número de consultas por usuario, el número de consultas únicas por usuario y la cantidad de páginas archivadas (H3.4). Además, el número de consultas promedio emitidas, la cantidad promedio de términos utilizados por consulta y la cantidad de consultas únicas emitidas por ambos grupos de estudiantes fue superior al comportamiento de los usuarios con la ventana de esfuerzo y a los resultados previos con usuarios similares (Duarte Torres & Weber, 2011b; Usta et al., 2014). Por lo tanto, la introducción de este modelo de recomendación de términos creativos ha contribuido a la mayor exploración por parte de los participantes que recibieron esta funcionalidad.

Aun cuando existen similitudes entre ambos grupos, los resultados demostraron que existen diferencias significativas en el comportamiento de búsqueda, principalmente, en los criterios de inicio y cierre (H3.5). Aquellos estudiantes que recibían recomendaciones de términos se mostraron más propensos a iniciar las búsquedas por medio de la repetición de la misma consulta, cambios de contextos o parafraseos de las consultas; y a finalizar las búsquedas con repeticiones de las consultas, movimientos paralelos o cambios de contextos. Estas transiciones, salvo la repetición de la consulta previa, explican una mayor exploración por parte de estos participantes. Por otra parte, quienes no tenían acceso a dicha funcionalidad terminaban la búsqueda de manera similar al grupo

experimental pero incluyendo la transición desde el haber emitido la primera consulta, probablemente por la barrera en la formulación de consultas que se presenta en estudiantes jóvenes (Druin, Foss, Hutchinson, Golub, & Hatley, 2010). Interesante destacar que ambos grupos tienen una alta preferencia por repeticiones de consultas y cambios de contextos. No obstante, los participantes del grupo experimental tienen una mayor preferencia por movimientos paralelos dentro del mismo objetivo de búsqueda, lo que explica una mayor exploración pero acotada al propósito. Asimismo, los estudiantes creativos del grupo experimental utilizan de manera generalizada los movimientos paralelos como estrategia de reformulación de consultas, lo que se vincula con habilidades asociativas sobre las cuales se sustentan los instrumentos de evaluación de la creatividad (Benedek & Neubauer, 2013; Coney & Serna, 1995; Mednick, 1962; Torrance & Goff, 1990).

El efecto de los términos recomendados, la edad y el género, como variables independientes, sobre la calidad creativa de las soluciones permite comprender la existencia de diferencias en la calidad creativa de las soluciones elaboradas por los estudiantes que cuentan con esta funcionalidad (H3.6). Los resultados confirman que la incorporación de un modelo de recomendación de términos creativos contribuye a mejorar la calidad creativa de las soluciones por medio de un mayor esfuerzo, siendo los estudiantes de menor edad y las chicas quienes obtienen mayores beneficios de este nuevo instrumento.

*OG: «Evaluar **automática** e **implícitamente** la creatividad de los estudiantes a partir de su comportamiento de búsqueda de información para **mejorar** la calidad creativa de las soluciones elaboradas»*

Los resultados de la investigación demuestran que es posible analizar el comportamiento de búsqueda de información para proveer de soporte a la elaboración de soluciones creativas en estudiantes. No obstante, es crucial comprender el comportamiento que rige la creatividad y la búsqueda para elaborar nuevos escenarios de aprendizaje a través de la mejora de herramientas automáticas e implícitas para el soporte de la capacidad creativa. A nivel educativo, permite crear plataformas de aprendizaje mejoradas por la tecnología capaces de detectar los casos extremos (tanto por exceso como por defecto) para desarrollar un plan de intervención temprana y eficaz. A nivel psicológico, la posibilidad de medir y evaluar no solo las soluciones creativas sino también el proceso de resolución de problemas permite entender mejor cómo procesamos y filtramos la información. A nivel sociológico, la evaluación automática de millones de patrones de búsqueda dentro de una plataforma permite una mayor comprensión de los procesos de difusión y curación de la información.

### 7.3. Publicaciones

Durante el desarrollo de este trabajo se han realizado las siguientes publicaciones:

- Olivares-Rodríguez, C., & Guenaga, M. (2015). Learning the Creative Potential of Students by Mining a Word Association Task. *International Educational Data Mining Society*.
- Olivares-Rodríguez, C., & Guenaga, M. (2015). Detection of the Student Creative Behavior Based on Diversity of Query. In *International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence* (pp. 187-192). Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-26401-1\_18.
- Olivares-Rodríguez, C., & Guenaga, M., & Garaizar, P. (2017). Automatic Assessment of Creativity in Heuristic Problem-solving based on Query Diversity. *DYNA* (Accepted).

### 7.4. Líneas futuras

Esta tesis se presenta como una instancia concreta hacia el objetivo de mejorar la calidad creativa de los estudiantes durante la resolución de problemas complejos por medio de herramientas tecnológicas automáticas e implícitas, así como el soporte creativo de manera automática. No obstante, los modelos de usuario propuestos sobre la capacidad creativa de los estudiantes, basados en los indicadores del comportamiento de búsqueda de información, brindan una amplia diversidad de oportunidades en distintos niveles.

Debido a que esta investigación tiene un carácter exploratorio sobre la relación entre el comportamiento de búsqueda de información en la web y la resolución creativa de problemas, existen diversas líneas de trabajo futuras asociadas a cada una de las contribuciones generadas en este trabajo. A continuación, se presentan algunas oportunidades de avanzar hacia modelos más robustos de evaluación y mejora de la calidad creativa de los estudiantes.

#### *Evaluación automática de la creatividad.*

En esta tesis se han propuesto dos modelos de usuario que describen el comportamiento de asociación libre de palabras y han contribuido a

avanzar hacia el desarrollo de herramientas que permitan predecir automáticamente la capacidad creativa de los estudiantes. No obstante, con el propósito de mejorar la calidad de los modelos y los resultados, es necesario el desarrollo de nuevas investigaciones en torno a:

- «*Diversidad de tareas creativas*»: evaluar la capacidad predictiva del comportamiento de los estudiantes frente a la resolución de una mayor diversidad de tareas creativas, tales como las cadenas de asociación o la lista de conceptos no relacionados.
- «*Alfabetización*»: la edad de los participantes de los estudios experimentales realizados en este trabajo fluctuaba entre los 9 y los 15 años, por lo tanto, se requiere profundizar acerca de la influencia de la calidad léxica de las respuestas y el nivel de alfabetización digital sobre el comportamiento de los usuarios.

### ***Evaluación automática e implícita de soluciones.***

La similitud asociativa declarada en esta tesis entre los procesos creativo y de búsqueda de información provee de un marco conceptual para comprender la generación de ideas novedosas a través de la asociación de consultas. Esta relación ha permitido la elaboración de modelos de usuario que extraen características creativas desde el comportamiento de búsqueda, para evaluar automática e implícitamente la calidad creativa de las soluciones a problemas complejos. Esto representa un avance hacia la generación de nuevas herramientas tecnológicas que permitan conocer la capacidad creativa de los estudiantes al resolver problemas, pero se necesitan nuevas investigaciones que aborden la influencia de las variables del contexto de búsqueda de información sobre la capacidad creativa:

- «*Diseño de tareas de información*»: La complejidad y diversidad de las tareas de información son factores relevantes en la eficiencia y efectividad de la búsqueda. El diseño de tareas a partir de facetas es una oportunidad de analizar distintos factores implícitos, como el objetivo o el área de conocimiento de la búsqueda. Además, contribuiría a estandarizar los estudios desde el diseño de las tareas, permitiendo una trazabilidad mayor de los resultados alcanzados en cada trabajo.
- «*Diversidad de tareas de información*»: la creatividad depende de la experiencia de los individuos, por lo que se requiere del estudio del comportamiento de los usuarios frente a una mayor diversidad de problemas complejos en varias áreas de conocimiento, así como su influencia en la capacidad creativa.

El análisis del comportamiento de los estudiantes ha ido desde aquellos descriptivos, a través de las variables del contexto de la búsqueda, pasando por la validación de los efectos producidos sobre la eficiencia y eficacia del proceso de recuperación de información, hasta la construcción de modelos automáticos que permiten predecir propiedades de los usuarios, de las tareas o de los productos de las búsquedas. Estos avances permiten continuar la investigación en torno al:

- «*Diseño de modelos de usuario*»: las características temporales de ambas habilidades requieren del diseño de nuevos modelos de usuario que capturen la dinámica de los usuarios creativos durante la construcción de estrategias de búsqueda y la selección de información.
- «*Diseño de modelos de aprendizaje*»: en este trabajo se implementaron modelos clásicos de aprendizaje automático, no obstante la implementación de algoritmos de aprendizaje profundo al análisis del comportamiento de búsqueda permitiría soportar la diversidad del proceso creativo.
- «*Desarrollo de plataformas de aprendizaje personalizadas*»: la automatización en la recolección de características de los usuarios, brinda la oportunidad de desarrollar plataformas de aprendizaje personalizadas que permitan contribuir a la mejora de los procesos de búsqueda de información de los estudiantes y, paralelamente, a su capacidad creativa durante procesos de formación.

Las habilidades cognitivas y actitudinales de los usuarios han sido el foco de las investigaciones del comportamiento de búsqueda, revisando cómo ellas influyen en la búsqueda. Todas estas variables han mostrado, en general, contribuir positivamente en la calidad de la búsqueda, lo que se traduce en la oportunidad de utilizarlas como vía para mejorar la efectividad de los estudiantes en procesos formativos. No obstante, en esta investigación no fueron incluidas, por lo que se requiere la profundización del efecto de estas variables sobre la calidad creativa en la resolución de problemas complejos.

- «*Habilidades del usuario*»: El conocimiento previo, los estilos cognitivos y la experiencia en el uso de sistemas de búsqueda de información han sido las características del usuario que más influencia han demostrado sobre la eficiencia y efectividad de los usuarios en estudios previos.

- «*Actitud de los usuarios*»: los estados de ánimo de los usuarios proveen un espacio de trabajo que permite incrementar la efectividad de los estudiantes en la búsqueda de información, por lo que se requiere el estudio de su efecto sobre la capacidad creativa de los estudiantes.

### ***Soporte creativo a la búsqueda de información.***

La influencia de los sistemas de búsqueda ha sido analizada por medio de funcionalidades específicas, cuyo propósito era reducir las barreras presentes en usuarios jóvenes cuando intentan recuperar información de la web. No obstante, existe una amplia variedad de sistemas de búsqueda, por lo que es necesario profundizar en la diversidad de interfaces.

- «*Diversidad de interfaces de búsqueda*»: el efecto que tienen sobre los usuarios la utilización de distintos sistemas de búsqueda de información y su motivación por la resolución de la tarea de información ha sido positiva, por lo que se requiere el estudio de la influencia de diversas interfaces de búsqueda sobre la calidad creativa de los estudiantes.

La motivación intrínseca por la tarea influye en el esfuerzo invertido durante la búsqueda de información y la resolución creativa de problemas. En esta tesis se propuso un modelo de indicadores de esfuerzo creativo y una ventana de recomendación de términos que impactaron positivamente en el comportamiento de los usuarios y en la calidad creativa de sus soluciones. Por lo tanto, se necesita profundizar en la influencia sobre la calidad creativa de las soluciones que tiene el/la:

- «*Conocimiento del dominio*»: el impacto del conocimiento del dominio de los estudiantes en la calidad de las soluciones elaboradas.
- «*Restricción temporal*»: el impacto del tiempo disponible para la resolución de la tarea en el comportamiento de búsqueda y el esfuerzo invertido.
- «*Habilidades de búsqueda*»: el efecto de las habilidades de búsqueda de los participantes sobre el patrón de emisión de consultas, los resultados de búsqueda analizados y la calidad de las soluciones.

## Conclusiones y líneas futuras

- «Comprensión de indicadores»: la influencia de distintos indicadores de esfuerzo, en relación a la utilidad y relevancia de los resultados y consultas emitidas.

En esta tesis se propuso un modelo de recomendación de términos sustentado en la evaluación creativa de los estudiantes y los documentos que revisaron. El modelo de recomendación influyó positivamente en el comportamiento de búsqueda y la calidad creativa de las soluciones, principalmente en los estudiantes de menores y las chicas, no obstante, se requiere de:

- «*Diseño de modelos de recomendación creativa*»: el diseño de nuevos modelos de recomendación que integren nuevas variables del comportamiento de búsqueda y las relaciones entre los documentos utilizados en la resolución de los desafíos.

Finalmente, el soporte creativo demostró influir a corto plazo en la calidad creativa de los usuarios en la resolución de un desafío complejo en particular, pero se necesita realizar:

- «*Estudio a largo plazo*»: el impacto en la conducta de búsqueda que tienen las funcionalidades de soporte creativo debería ser sostenible en el tiempo, por lo que se hace necesario el estudio de la influencia a largo plazo de estas funcionalidades.

## Bibliografía

---

- Amabile, T. (1979). Effects of external evaluation on artistic creativity. *Journal of Personality and Social Psychology*.
- Amabile, T. (1983). The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of Personality and Social Psychology*, *45*, 357–376.
- Amabile, T. M. (1982). Social psychology of creativity: A consensual assessment technique. *Journal of Personality and Social Psychology*, *43*, 997–1013. JOUR.
- Argelagós, E., & Pifarré, M. (2012). Improving Information Problem Solving skills in Secondary Education through embedded instruction. *Computers in Human Behavior*, *28*, 515–526.
- Arguello, J. (2014). Predicting search task difficulty. In *Advances in Information Retrieval* (pp. 88–99).
- Aula, A., & Nordhausen, K. (2006). Modeling successful performance in Web searching. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *57*, 1678–1693.
- Barsky, E., & Bar-Ilan, J. (2005). From the search problem through query formulation to results on the web. *Online Information Review*, *29*, 75–89.
- Beaty, R. E., Silvia, P. J., Nusbaum, E. C., Jauk, E., & Benedek, M. (2014). The roles of associative and executive processes in creative cognition. *Memory & Cognition*, *42*, 1186–1197.
- Benedek, M., Franz, F., Heene, M., & Neubauer, A. (2012). Differential effects of cognitive inhibition and intelligence on creativity. *Personality and Individual Differences*, *53*, 480–485.
- Benedek, M., Könen, T., & Neubauer, A. (2012). Associative abilities underlying creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, *6*, 273–281.
- Benedek, M., & Neubauer, A. (2013). Revisiting Mednick's model on creativity-related differences in associative hierarchies. Evidence for a common path to uncommon thought. *The Journal of Creative Behavior*, *47*, 273–289.
- Berget, G., & Sandnes, F. E. (2015). Do autocomplete functions reduce the impact of dyslexia on information-searching behavior? The case of Google. *Journal of the Association for Information Science and Technology*. doi:10.1002/asi.23572
- Bilal, D. (2000). Children's use of the Yahoooligans! Web search engine: I. Cognitive, physical, and affective behaviors on fact-based search tasks. *Journal of the American Society for Information Science*, *51*, 646–665.
- Bilal, D. (2001a). Children's use of the Yahoooligans! Web search engine:

- II. Cognitive and physical behaviors on research tasks. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 52, 118–136.
- Bilal, D. (2001b). Children's use of the Yahoo!igans! Web search engine: II. Cognitive and physical behaviors on research tasks. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 52, 118–136.
- Bilal, D. (2002a). Children's use of the Yahoo!igans! Web search engine. III. Cognitive and physical behaviors on fully self-generated search tasks. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 53, 1170–1183.
- Bilal, D. (2002b). Perspectives on children's navigation of the World Wide Web: does the type of search task make a difference? *Online Information Review*, 26, 108–117.
- Bilal, D., & Kirby, J. (2001). Factors influencing children's and adults' information seeking on the Web: Results of two studies. In *Proceedings of the ASIST Annual Meeting* (Vol. 38, pp. 126–140).
- Bilal, D., & Kirby, J. (2002). Differences and similarities in information seeking: children and adults as Web users. *Information Processing & Management*, 38, 649–670.
- Bilal, D., Sarangthem, S., & Bachir, I. (2008). Toward a model of children's information seeking behavior in using digital libraries. In *Proceedings of the second international symposium on Information interaction in context - IiX '08* (p. 145). New York, New York, USA: ACM Press.
- Boden, M. (1998). Creativity and artificial intelligence. *Artificial Intelligence*.
- Boden, M. (2004). The creative mind: Myths and mechanisms.
- Boldi, P., Bonchi, F., Castillo, C., & Donato, D. (2008). The query-flow graph: model and applications. In *Proceedings of the 17th ACM conference on Information and knowledge management* (pp. 609–618).
- Boldi, P., Bonchi, F., Castillo, C., & Vigna, S. (2009). From 'dango' to 'japanese cakes': Query reformulation models and patterns. Submitted for publication. In *Proceedings of the 2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology* (pp. 183–190).
- Bono, E. De, & Castillo, O. (1994). El pensamiento creativo.
- Bosch, A., Bogers, T., & Kunder, M. (2016). Estimating search engine index size variability: a 9-year longitudinal study. *Scientometrics*.
- Broder, A. (2002). A taxonomy of web search. *ACM Sigir Forum*, 36, 3–10.
- Browne, G., & Pitts, M. (2005). Stopping rule use during web-based search. In *38th Hawaii International Conference on System Sciences*.

- Browne, G., Pitts, M., & Wetherbe, J. (2007). Cognitive stopping rules for terminating information search in online tasks. *MIS Quarterly*, *31*, 89–104.
- Campbell, D. (1988). Task complexity: A review and analysis. *Academy of Management Review*, *13*, 40–52.
- Capra, R., Arguello, J., Crescenzi, A., & Vardell, E. (2015). Differences in the Use of Search Assistance for Tasks of Varying Complexity. In *Proceedings of the 38th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval* (pp. 23–32). New York, New York, USA: ACM Press.
- Capra, R., Marchionini, G., Oh, J., & Stutzman, F. (2007). Effects of structure and interaction style on distinct search tasks. In *Proceedings of the 7th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries* (pp. 442–451).
- Cen, Y., Gan, L., & Bai, C. (2013). Reinforcement learning in information searching. *Information Research*, *18*, 1–24.
- Chevalier, A., Dommes, A., & Marquié, J.-C. (2015). Strategy and accuracy during information search on the Web: Effects of age and complexity of the search questions. *Computers in Human Behavior*, *53*, 305–315.
- Chrome. (n.d.). Infografía: la evolución de los navegadores y la Web. Retrieved 12 June 2016, from <http://www.evolutionoftheweb.com>
- Collobert, R., Weston, J., Bottou, L., & Karlen, M. (2011). Natural language processing (almost) from scratch. *Journal of Machine Learning*, *12*, 2493–2537.
- Coney, J., & Serna, P. (1995). Creative thinking from an information processing perspective: A new approach to Mednick's theory of associative hierarchies. *The Journal of Creative Behavior*, *29*, 109–132.
- Cooper, W. (1976). The paradoxical role Of unexamined documents in the evaluation of retrieval effectiveness†. *Information Processing & Management*, *12*, 367–375.
- Csikszentmihalyi, M. (1991). *Flow : the psychology of optimal experience* (1st Harper). BOOK, New York: New York : HarperPerennial.
- Csikszentmihalyi, M., & Getzels, J. W. (1975). From problem solving to problem finding. *Perspectives in Creativity*. Aldine, Chicago. JOUR.
- De Bono, E. (1970). *Lateral thinking: creativity step by step*. GEN, New York: Harper & Row.
- De Kunder, M. (n.d.). World Wide Web Size. Retrieved 12 June 2016, from <http://www.worldwidewebsite.com/>
- Dean, D., & Hender, J. (2006). Identifying good ideas: constructs and scales for idea evaluation. *Journal of Association for Information Systems*, *7*, 646–699.
- Dinet, J., & Kitajima, M. (2011). Draw me the Web: impact of mental

- model of the web on information search performance of young users. In *23rd French Speaking Conference on Human-Computer Interaction* (p. 3). New York, New York, USA: ACM Press.
- Ding, R., & Ma, F. (2013). Assessment of university student web searching competency by a task-based online test. *The Electronic Library*, *31*, 359–375.
- Dommes, A., Chevalier, A., & Lia, S. (2011). The role of cognitive flexibility and vocabulary abilities of younger and older users in searching for information on the web. *Applied Cognitive Psychology*, *25*, 717–726.
- Druin, A., Foss, E., Hatley, L., & Golub, E. (2009). How children search the internet with keyword interfaces. In *Proceedings of the 8th International conference on interaction design and children* (pp. 89–96).
- Druin, A., Foss, E., Hutchinson, H., Golub, E., & Hatley, L. (2010). Children's roles using keyword search interfaces at home. In *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems - CHI '10* (pp. 413–422). New York, New York, USA: ACM Press.
- Duarte Torres, S., & Weber, I. (2011a). What and how children search on the web. In *Proceedings of the 20th ACM international conference on Information and knowledge management - CIKM '11* (p. 393). New York, New York, USA: ACM Press.
- Duarte Torres, S., & Weber, I. (2011b). What and how children search on the web. In *Proceedings of the 20th ACM international conference on Information and knowledge management - CIKM '11* (p. 393). New York, New York, USA: ACM Press.
- Efthimiadis, E. N. (2009). How Students Search for Consumer Health Information on the Web. In *2009 42nd Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1–8). IEEE.
- Egusa, Y. and Takaku, M. and Terai, H. and Saito, H. and Miwa, M. and Kando, N. (2010). Link depth: Measuring how far searchers explore web. In *2010 43rd Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1–10). IEEE.
- Egusa, Y., Takaku, M., Terai, H., Saito, H., Miwa, M., & Kando, N. (2010a). Link Depth: Measuring How Far Searchers Explore Web. In *2010 43rd Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1–8). IEEE.
- Egusa, Y., Takaku, M., Terai, H., Saito, H., Miwa, M., & Kando, N. (2010b). Link Depth: Measuring How Far Searchers Explore Web. In *2010 43rd Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1–8). IEEE.
- Eickhoff, C., Dekker, P., & de Vries, A. P. (2012). Supporting children's web search in school environments. In *Proceedings of the 4th*

- Information Interaction in Context Symposium* (pp. 129–137). New York, New York, USA: ACM Press.
- Fabes, R., McCullers, J., & Hom, H. (1986). Children's Task Interest and Performance Immediate Versus Subsequent Effects of Rewards. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *12*, 17–30.
- Feldman, D. (1994). *Beyond universals in cognitive development*.
- Foo, S., Majid, S., Azura Mokhtar, I., Zhang, X., Chang, Y.-K., Luyt, B., & Theng, Y.-L. (2014). Information literacy skills of secondary school students in Singapore. *Aslib Journal of Information Management*, *66*, 54–76.
- Foss, E., & Druin, A. (2014). Children's Internet Search: Using Roles to Understand Children's Search Behavior. *Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services*, *6*, 1–106.
- Gabrilovich, E., & Markovitch, S. (2007). Computing semantic relatedness using wikipedia-based explicit semantic analysis. In *IJCAI* (pp. 1606–1611).
- Gardner, H. (1993). *Creating Minds: An Anatomy of Creativity Seen Through the Lives of Freud, Einstein, Picasso, Stravinsky, Eliot, Graham, and Gandhi*. BOOK, BasicBooks.
- Gilhooly, K., Fioratou, E., & Anthony, S. (2007). Divergent thinking: Strategies and executive involvement in generating novel uses for familiar objects. *British Journal of Psychology*, *98*, 611–625.
- Glucksberg, S. (1964). Problem solving: Response competition and the influence of drive. *Psychological Reports*, *15*, 939–942.
- Gross, O., Toivonen, H., & Toivanen, J. (2012). Lexical creativity from word associations. In *Knowledge, Information and Creativity Support Systems* (pp. 25–42).
- Guilford, J. (1967). The nature of human intelligence.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, *5*, 444–454.
- Habib, L., Berget, G., Sandnes, F. E., Sanderson, N., Kahn, P., Fagernes, S., & Olcay, A. (2012). Dyslexic students in higher education and virtual learning environments: an exploratory study. *Journal of Computer Assisted Learning*, *28*, 574–584.
- Hariri, N., Asadi, M., & Mansourian, Y. (2014). The impact of users' verbal/imagery cognitive styles on their Web search behavior. *Aslib Journal of Information Management*, *66*, 401–423.
- Harter, S. (1978). Effectance motivation reconsidered. Toward a developmental model. *Human Development*, *21*, 34–64.
- Hembrooke, H. A., Granka, L. A., Gay, G. K., & Liddy, E. D. (2005). The effects of expertise and feedback on search term selection and subsequent learning. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *56*, 861–871.
- Jansen, B., Booth, D., & Smith, B. (2009). Using the taxonomy of cognitive learning to model online searching. *Information Processing*

- & *Management*, 45, 643–663.
- Jiang, J., He, D., & Allan, J. (2014). Searching, browsing, and clicking in a search session: changes in user behavior by task and over time. In *Proceedings of the 37th international ACM SIGIR conference on Research & development in information retrieval* (pp. 607–616). New York, New York, USA: ACM Press.
- Jiménez, M. (2006). Creatividad. *Papeles Del Psicólogo*.
- Kammerer, Y., & Gerjets, P. (2012). Effects of search interface and Internet-specific epistemic beliefs on source evaluations during Web search for medical information: an eye-tracking study. *Behaviour & Information Technology*, 31, 83–97.
- Kang, E. Y., Ko, J. H., Kim, H., & Song, E. (2005). A comparison of elementary students' web searching behaviors according to personality types. In *Proceedings of the 2005 International Conference on Frontiers in Education: Computer Science and Computer Engineering, FECS'05* (pp. 102–107).
- Kang, R., & Fu, W.-T. (2010). Exploratory information search by domain experts and novices. In *Proceedings of the 15th international conference on Intelligent user interfaces* (pp. 329–332). New York, New York, USA: ACM Press.
- Karanam, S., van Oostendorp, H., Sanchiz, M., Chevalier, A., Chin, J., & Fu, W. T. (2015). Modeling and predicting information search behavior. In *Proceedings of the 5th International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics* (p. 7). New York, New York, USA: ACM Press.
- Kim, H., Yun, M., & Kim, P. (2004). A comparison of web searching strategies according to cognitive styles of elementary students. In *Computational Science and Its Applications-ICCSA 2004* (pp. 892–901).
- Kim, K. (2011). The creativity crisis: The decrease in creative thinking scores on the Torrance Tests of Creative Thinking. *Creativity Research Journal*.
- Kim, K.-S. (2008). Effects of emotion control and task on Web searching behavior. *Information Processing & Management*, 44, 373–385.
- Koestler, A. (1964). *The act of creation*. GEN, London: Hutchinson.
- Kraft, D., & Lee, T. (1979). Stopping rules and their effect on expected search length. *Information Processing & Management*, 15, 47–58.
- Kroustallaki, D., Kokkinaki, T., Sideridis, G. D., & Simos, P. G. (2015). Exploring students' affect and achievement goals in the context of an intervention to improve web searching skills. *Computers in Human Behavior*, 49, 156–170.
- Kuhlthau, C. (1991). Inside the search process: Information seeking from the user's perspective. *Journal of the American Society for Information*, 42, 361–371.

- Kuhlthau, C., Heinström, J., & Todd, R. (2008). The 'information search process' revisited: Is the model still useful. *Information Research*, 13, 355.
- Kuiper, E., Volman, M., & Terwel, J. (2005). The web as an information resource in K-12 education: Strategies for supporting students in searching and processing information. *Review of Educational Research*, 75, 285-328.
- Lee, H., & Yoon, W. (2014). Types of document search tasks and users' cognitive information seeking strategies. In *Human Interface and the Management of Information. Information and Knowledge Design and Evaluation* (pp. 449-460).
- Li, Y., & Belkin, N. (2008). A faceted approach to conceptualizing tasks in information seeking. *Information Processing & Management*, 44, 1822-1837.
- Lin, C.-C., & Tsai, C.-C. (2007). A navigation flow map method of representing students' searching behaviors and strategies on the web, with relation to searching outcomes. *CyberPsychology & Behavior*, 10, 689-695.
- Liu, J., Cole, M. J., Liu, C., Bierig, R., Gwizdka, J., Belkin, N. J., ... Zhang, X. (2010). Search behaviors in different task types. In *Proceedings of the 10th annual joint conference on Digital libraries* (pp. 69-78). New York, New York, USA: ACM Press.
- Liu, J., Liu, C., & Belkin, N. (2013). Examining the effects of task topic familiarity on searchers' behaviors in different task types. In *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology* (Vol. 50, pp. 1-10). American Society for Information Science.
- Liu, J., Liu, C., & Belkin, N. (2016). Predicting information searchers' topic knowledge at different search stages. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67, 2652-2666.
- Liu, J., Liu, C., & Belkin, N. J. (2016). Predicting information searchers' topic knowledge at different search stages. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67, 2652-2666.
- Lopatovska, I. (2014). Toward a model of emotions and mood in the online information search process. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 65, 1775-1793.
- Madjid, I., Stéphane, C., & Daniel, M. (2005). The effect of individual differences on searching the web. In *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology* (Vol. 40, pp. 240-246).
- Mansfield, R., Busse, T., & Krepelka, E. (1978). The effectiveness of creativity training. *Review of Educational Research*, 48, 517-536.
- Marchionini, G. (2006). Exploratory search: from finding to understanding. *Communications of the ACM*, 49, 41-46.

- Maxwell, D., Azzopardi, L., & Järvelin, K. (2015). Searching and stopping: An analysis of stopping rules and strategies. In *Proceedings of the 24th* (pp. 313–322).
- McGraw, K. (1978). The detrimental effects of reward on performance: A literature review and a prediction model. *Journal of Experimental Social Psychology*, *15*, 285–294.
- Medawar, P. (2013). Induction and intuition in scientific thought.
- Mednick, S. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, *69*, 220–232.
- Mishra, P., & Kereluik, K. (2011). What 21st century learning? A review and a synthesis. In *SITE Conference* (pp. 5–236). CONF.
- Nickles, K., Curley, S., & Benson, P. (1995). *Judgment-based and reasoning-based stopping rules in decision making under uncertainty*.
- OECD. (2014). PISA 2012 results: creative problem solving: students' skills in tackling real-life problems (volume V).
- Olivares-Rodríguez, C., & Guenaga, M. (2015). Detection of the Student Creative Behavior Based on Diversity of Queries. In J. M. García-Chamizo, G. Fortino, & S. F. Ochoa (Eds.), *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Sensing, Processing, and Using Environmental Information* (pp. 187–192). Cham: Springer International Publishing.
- Page, L., Brin, S., Motwani, R., & Winograd, T. (1999). *The PageRank citation ranking: bringing order to the web*.
- Palmquist, R. A., & Kim, K.-S. (2000). Cognitive style and on-line database search experience as predictors of Web search performance. *Journal of the American Society for Information Science*, *51*, 558–566.
- Puspitasari, I., Moriyama, K., Fukui, K.-I., & Numao, M. (2015). Effects of individual health topic familiarity on activity patterns during health information searches. *JMIR Medical Informatics*, *3*, e16.
- Qureshi, A., Bokhari, S. A. H., Pirvani, M., & Dawani, N. (2015). Understanding and practice of evidence based search strategy among postgraduate dental students: a preliminary study. *The Journal of Evidence-Based Dental Practice*, *15*, 44–9.
- Radlinski, F., & Joachims, T. (2005). Query chains: learning to rank from implicit feedback. In *Proceedings of the eleventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery in data mining* (pp. 239–248).
- Roscoe, R. D., Grebitus, C., O'Brian, J., Johnson, A. C., & Kula, I. (2016). Online information search and decision making: Effects of web search stance. *Computers in Human Behavior*, *56*, 103–118.
- Rosman, T., Mayer, A.-K., & Krampen, G. (2015). Combining self-assessments and achievement tests in information literacy assessment: empirical results and recommendations for practice.

- Assessment & Evaluation in Higher Education*, 40, 740–754.
- Sadikov, E., Madhavan, J., Wang, L., & Halevy, A. (2010). Clustering query refinements by user intent. In *Proceedings of the 19th* (pp. 841–850).
- Santos, E., Nguyen, H., & Zhao, Q. (2003). User modelling for intent prediction in information analysis. *Proceedings of the Human*.
- Scott, G., Leritz, L., & Mumford, M. (2004). The effectiveness of creativity training: A quantitative review. *Creativity Research Journal*, 16, 361–388.
- Şendurur, E., & Yildirim, Z. (2015). Students' Web Search Strategies With Different Task Types: An Eye-Tracking Study. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 31, 101–111.
- Sihvonen, A., & Vakkari, P. (2004). Subject knowledge improves interactive query expansion assisted by a thesaurus. *Journal of Documentation*, 60, 673–690.
- Simonton, D. (2000). Creativity: Cognitive, personal, developmental, and social aspects. *American Psychologist*.
- Smith, C. E. (2006). Where is it? How deaf adolescents complete fact-based internet search tasks. *American Annals of the Deaf*, 151, 519–529.
- Stein, M. (2014). *Stimulating creativity: Individual procedures*.
- Sun, C.-T., Ye, S.-H., & Hsieh, H.-C. (2014). Effects of student characteristics and question design on Internet search results usage in a Taiwanese classroom. *Computers & Education*, 77, 134–144.
- Toivonen, H., Gross, O., & Toivanen, J. (2013). On creative uses of word associations. In *Synergies of Soft Computing and Statistics for Intelligent Data Analysis* (pp. 17–24).
- Toms, E., & Freund, L. (2009). Predicting stopping behaviour: A preliminary analysis. In *Proceedings of the 32nd international ACM SIGIR* (pp. 750–751).
- Torrance, E. (1966). Thinking creatively with pictures: Figural booklet.
- Torrance, E. (1974). The Torrance tests of creative thinking—TTCT Manual and Scoring Guide: Verbal test A, figural test. *Lexington, KY: Ginn*.
- Torrance, E. (1988). The nature of creativity as manifest in its testing. *The Nature of Creativity*.
- Torrance, E., & Goff, K. (1990). Fostering academic creativity in gifted students.
- Torres, S. D., Hiemstra, D., & Weber, I. (2012). Query recommendation for children. In *Proceedings of the 21st ACM international conference on Information and knowledge management* (pp. 2010–2014).
- Treffinger, D., Isaksen, S., & Dorval, K. (2003). *Creative Problem Solving (CPS Version 6.1<sup>TM</sup>) A Contemporary Framework for Managing*

- Change. Sarasota, FL: Center for Creative Learning.*
- Usta, A., Altingovde, I., & Vidinli, I. (2014). How k-12 students search for learning?: analysis of an educational search engine log. In *Proceedings of the 37th international ACM SIGIR conference on Research & development in information retrieval* (pp. 1151–1154).
- Velde, F., Wolf, R., Schmettow, M., & Nazareth, D. (2015). A Semantic Map for Evaluating Creativity. In *Sixth International Conference on Computational Creativity* (pp. 94–101).
- White, R., & Roth, R. (2009). Exploratory search: Beyond the query-response paradigm. *Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services, 1*, 1–98.
- Wiggins, G., & Bhattacharya, J. (2014). Mind the gap: an attempt to bridge computational and neuroscientific approaches to study creativity. *Frontiers in Human Neuroscience*.
- Wildemuth, B., & Freund, L. (2012). Assigning search tasks designed to elicit exploratory search behaviors. In *Proceedings of the Symposium on Human-Computer Interaction and Information Retrieval* (p. 4).
- Willoughby, T., Anderson, S. A., Wood, E., Mueller, J., & Ross, C. (2009). Fast searching for information on the Internet to use in a learning context: The impact of domain knowledge. *Computers & Education, 52*, 640–648.
- Wong, S. W. L., & Ho, C. S.-H. (2010). The nature of the automatization deficit in Chinese children with dyslexia. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence, 16*, 405–15.
- Wu, D., & Cai, W. (2016). An empirical study on Chinese adolescents' web search behavior. *Journal of Documentation, 72*, 435–453.
- Wu, W., & Kelly, D. (2014). Online search stopping behaviors: An investigation of query abandonment and task stopping. *Proceedings of the American Society for, 51*, 1–10.
- Wu, W., Kelly, D., Edwards, A., & Arguello, J. (2012). Grannies, tanning beds, tattoos and NASCAR: Evaluation of search tasks with varying levels of cognitive complexity. In *Proceedings of the 4th Information Interaction in Context Symposium* (pp. 254–257).
- Wu, W., Kelly, D., & Sud, A. (2014). Using information scent and need for cognition to understand online search behavior. In *Proceedings of the 37th international ACM* (pp. 557–566).
- Yamin, F. M., Ramayah, T., & Ishak, W. H. W. (2013). Information Searching: The Impact of User Knowledge on User Search Behavior. *Journal of Information & Knowledge Management, 12*, 1350023.
- Yamin, F. M., Ramayah, T., & Ishak, W. H. W. (2015). Does user search behaviour mediate user knowledge and search satisfaction? *International Journal of Economics and Financial Issues, 5*, 34–39.

- Zach, L. (2005). When is 'enough' enough? Modeling the information-seeking and stopping behavior of senior arts administrators. *Journal of the American Society for Information*, 56, 23–35.
- Zhang, Y. (2008). The influence of mental models on undergraduate students' searching behavior on the Web. *Information Processing & Management*, 44, 1330–1345.
- Zhang, Y., Robins, D., Holmes, J., & Salaba, A. (2009). Understanding Internet Searching Performance in a Heterogeneous Portal for K-12 Students: Search Success, Search Time, Strategy, and Effort. *Journal of Web Librarianship*, 3, 15–33.
- Zhou, M. (2013). A systematic understanding of successful web searches in information-based tasks. *Educational Technology and Society*, 16, 321–331.
- Zhou, M. (2014). Gender difference in web search perceptions and behavior: Does it vary by task performance? *Computers & Education*, 78, 174–184.