

# Analítica multimodal del aprendizaje en Chile: Una revisión sistemática

## Multimodal learning analytics in Chile: A systematic review

Diego Monsalves <sup>1\*</sup>, Héctor Cornide-Reyes <sup>2</sup>, Fabián Riquelme <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería Informática, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación, Universidad de Atacama, Copiapó, Chile

\*Correo para correspondencia: [diego.monsalves@postgrado.uv.cl](mailto:diego.monsalves@postgrado.uv.cl)

### RESUMEN

La analítica del aprendizaje refiere a la recolección, medición, análisis y reporte de datos provenientes de personas en entornos de aprendizaje. Usualmente busca mejorar procesos de aprendizaje en interacciones humano-computador. La analítica multimodal del aprendizaje amplía el enfoque a interacciones humano-humano, mediante datos provenientes de sensores. Los avances tecnológicos y la mayor demanda de trabajadores con habilidades profesionales diversas, tales como liderazgo o capacidad de trabajar en equipo, han aumentado las investigaciones en esta área en los últimos años. Chile es el país latinoamericano con mayor crecimiento en investigación y desarrollo en esta línea en los últimos cinco años. Este trabajo presenta una revisión sistemática de los avances en analítica multimodal realizados en Chile, desde el punto de vista de las modalidades consideradas (e.g., imagen, audio, vídeo) y los tipos de sensores usados para medirlas, los tipos de actividades empleadas, técnicas de análisis, productos obtenidos, y redes de colaboración existentes. Nuestro objetivo es entregar una visión amplia y actualizada del estado del arte de la analítica multimodal del aprendizaje en Chile, como actor relevante en esta línea a nivel latinoamericano.

**Palabras clave:** analítica del aprendizaje, analítica multimodal, educación en Chile.

### ABSTRACT

Learning analytics refers to collecting, measuring, analyzing, and reporting data from people in learning environments. It usually seeks to improve learning processes in human-computer interactions. Multimodal learning analytics extends the approach to human-human interactions using sensor data. Technological advances and the greater demand for workers with diverse professional skills, such as leadership or the ability to work in a team, have increased research in this area in recent years. Chile is the Latin American country with the highest growth in research and development in this line in the last five years. This work presents a systematic review of the advances in multimodal analytics made in Chile from the point of view of the modalities considered (e.g., image, audio, video) and the types of sensors used to measure them, the types of activities used, analysis techniques, products obtained, and existing collaboration networks. We aim to deliver a broad, updated vision of the state of the art of multimodal learning analytics in Chile as a relevant actor in this line at the Latin American level.

**Keywords:** learning analytics, multimodal analytics, education in Chile.

---

## INTRODUCCIÓN

Los últimos años, los modelos educativos para el aprendizaje se han estado adaptando para mantener y mejorar la adquisición de conocimiento de los estudiantes (Galván, 2021). El uso de aulas virtuales y plataformas educativas han sido un gran aporte de la informática aplicada en la educación, para continuar con la entrega de conocimiento en épocas de crisis (Palomares y Zonia, 2021; Soto-Aguirre, 2020) y recopilar información de los estudiantes en procesos de aprendizaje para mejorar sus ambientes educativos (Neyem et al., 2017). Gran parte de las innovaciones educativas han sido estimuladas por el avance tecnológico, y la educación ha sido objeto de numerosos aportes que han buscado una modernización del sistema (Soto-Aguirre, 2020). También existen aplicaciones educativas que buscan fomentar actividades de aprendizaje, tales como la argumentación y el trabajo colaborativo en las aulas de clases (Larrain et al., 2021), conceptos destacados para el desarrollo del pensamiento y la adquisición de conocimiento (Larrain, 2009). Por su parte, la Internet de las cosas (IoT) (Madakam et al., 2015) está demostrando una escalabilidad mayor para la conectividad de dispositivos. Un reporte de la Universidad de Stanford estima que para el 2030 estarán 500 mil millones de dispositivos conectados (Karie et al., 2020), los que pueden ofrecer información y datos invaluable. La facilidad de encontrar sensores económicamente viables y al alcance de todas las personas, el aumento de la conectividad entre los sensores y sistemas, dan acceso a más datos de los que eran posibles hace tan sólo unos años. Chile, a pesar de invertir solo un 5,5% de su PIB en 2022 en estas materias, se presenta como uno de los países más posicionados en los procesos de digitalización (Grupo Prensa Digital, 2022).

La informática aplicada está realizando investigaciones innovadoras en el campo de la educación, para el proceso de mejoramiento del aprendizaje de los estudiantes. La Society for Learning Analytics Research (SoLAR) define la analítica de aprendizaje (en inglés, Learning Analytics, LA) como “el proceso de medición, recopilación, análisis y reporte de datos sobre los participantes y sus contextos, con el fin de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce” (Siemens y Baker, 2012). LA busca identificar huellas únicas de los participantes en los procesos de medición, con el objetivo de usar esos datos, para entregar la retroalimentación, mejorando así el proceso de aprendizaje a nivel grupal e individual, bajo un ambiente de tecnologías que realizan una interacción entre estudiante-computador (Riquelme et al., 2019; Mangaroska y Giannakos, 2018). Pero de aquí emerge el interés de ampliar el rango de análisis, no solo para estudiar relaciones Humano-Computador, sino que a un estudio de relaciones de Humano-Humano soportadas con tecnología. La analítica multimodal del aprendizaje (Multimodal Learning Analytics, MMLA) viene a suplir este hueco teórico y práctico que dejaba LA. Libera la obtención de datos de aprendizaje de los estudiantes a un espacio sin restricciones, permitiendo además interactuar con sus compañeros y actuar tanto en el mundo físico como en el digital (Blikstein, 2013), demostrando cómo es el aprendizaje de los individuos sometidos al mundo real. MMLA recolecta datos de diferentes canales modales de ambientes educativos para caracterizar o modelar el aprendizaje de los estudiantes en entornos de aprendizaje complejos (Worsley et al., 2016). La recopilación de datos multimodales, como gestos, interés visual, habla, ubicación, etc., nos permite tener una visión holística del aprendizaje y de la enseñanza que se entrega. Note que este concepto no tiene como única aplicación la educación. Como en la sociedad socializamos con aspectos multimodales, los datos pueden ser analizados con el objetivo general de poder entender cómo se relacionan las personas al momento de interactuar.

Dado el crecimiento y la alta documentación de LA y MMLA como campo de investigación, Cechinel et al. (2020) realizaron una revisión literaria del panorama latinoamericano entre 2011 y 2019. Recopilaron y clasificaron 282 artículos, describiendo cómo ha evolucionado el

---

campo a lo largo de los años en América Latina, presentando las principales características de los artículos desde diferentes perspectivas. Incluyeron una clasificación de los trabajos por países e instituciones, educaciones, donde Brasil se destaca debido al tamaño de su comunidad científica, pero indican que Chile es una comunidad que prolifera a nivel regional y que está comenzado a contribuir de forma significativa a estos campos en los últimos años. Chile comienza a asomar en la comunidad LA y MMLA desde el año 2015 y para el 2020 era el tercer país de la región en productividad científica en el área, si consideramos la cantidad de artículos, autores, investigadores y población. Según Cechinel et al. (2020), Chile, Brasil y Ecuador parecen ser la columna vertebral de esta red que conecta a los investigadores de toda la región.

Debido a lo anterior, el propósito de este artículo es hacer una revisión de la literatura que permita identificar las publicaciones chilenas (considerando autores e instituciones) que discutan resultados de trabajos realizados en contexto de interacción Humano-Humano, empleando LA y MMLA en un marco de aplicación de ingeniería informática aplicada. Chile ha experimentado un crecimiento considerable en sus aportes científicos. Según datos del Centro de Estudios del Desarrollo de la Universidad de Chile, el país ha visto un aumento constante en el número de publicaciones científicas en revistas internacionales indexadas en los últimos 20 años, teniendo una mayor presencia en revistas de alto impacto y mejorado su colaboración internacional en la investigación científica, apuntando a investigaciones aplicadas, con desarrollo de prototipos y posibilidades futuras de transferencia tecnológica, lo que sienta una buena base a llevar las investigaciones en LA y MMLA a las aulas de clases.

Este artículo continúa de la siguiente manera. A continuación, se presenta la metodología utilizada en esta investigación, así como los objetivos y preguntas de investigación. Luego se describirán los resultados obtenidos en la revisión de literatura. Finalmente, se presentarán y discutirán las conclusiones.

## METODOLOGÍA

Para abordar el propósito de este trabajo, metodológicamente hemos decidido ejecutar una revisión de literatura para recopilar, identificar y sistematizar las contribuciones científicas realizadas en los últimos años en Chile, sobre el uso de tecnología y técnicas computacionales para LA y MMLA. El proceso de revisión fue conducido según las directrices propuestas por Snyder (2019), definiendo los siguientes pasos: 1) enunciado de las preguntas de investigación; 2) proceso de búsqueda; 3) selección de estudios y 4) análisis de resultados. Todos estos pasos se describen a continuación.

### Preguntas de investigación

Las preguntas de investigación que conducen esta revisión de literatura son:

P1: ¿Cuáles son las principales técnicas y objetos de estudio utilizados en Chile para la investigación aplicada en LA y MMLA?

P2: ¿Cuáles son las principales tecnologías y productos basados en LA y MMLA para su uso en Chile?

P3: ¿Qué potencialidades tiene la investigación aplicada en LA y MMLA en Chile?

## Proceso de búsqueda

Las bases de datos de citas utilizadas fueron SCOPUS y Web of Science (WoS), mientras que las bases de datos de publicaciones científicas utilizadas fueron ACM Digital Library e IEEE Xplore. Esta selección se debe principalmente a la reputación que tienen estas bases de datos en la disciplina, así como también, al hecho que disponemos de acceso total al material publicado. La Tabla 1 detalla el método utilizado para construir la cadena de búsqueda. Utilizamos el método PICOC (Petersen, 2015) cuyas siglas representan los criterios que conducen el proceso: P de Population; I de Intervention; C de Comparison; O de Outcomes (resultados) y C de Context.

**Tabla 1**

*Construcción cadena de búsqueda mediante PICOC*

Population	Intervention	Comparison	Outcomes	Context
<b>Investigadores, docentes que implementan LA/MMLA</b>	Uso de técnicas de análisis, plataformas tecnológicas para monitorear y/o evaluar el aprendizaje	Estudio LATAM realizado por Cechinel et. Al. (2020)	Métodos de implementación, tecnologías, técnicas multimodales, sensores	Instituciones de educación superior
<b>Learning analytics o Multimodal learning analytics</b>	Learning OR Education OR Teaching		Guidelines OR assessment métodos OR tecnólogo Or sensors	

Basado en el método PICOC, se elaboró la siguiente cadena de búsqueda: (“Learning analytics” OR “Multimodal Learning Analytics”) AND (Learning OR Education OR Teaching) AND (Guidelines OR “Assessment methods” OR technology OR Sensor). Esta cadena de búsqueda fue validada con un conjunto de artículos que identificamos y que utilizamos como grupo de control. Los criterios de inclusión/exclusión fueron los siguientes: Se consideraron artículos desde 2012, al menos un autor debe pertenecer a alguna institución chilena, el artículo debe declarar el uso de sensores para capturar datos y quedan excluidos los mapeos sistemáticos y los informes sobre plataformas.

## Selección de estudios primarios

Luego de ejecutada la cadena de búsqueda en cada base de datos de consulta, se obtuvieron 28 artículos WoS, 22 artículos en SCOPUS, 13 artículos en IEEE Xplore y 14 artículos en ACM Digital Library. Finalmente, luego de revisar los abstract de los trabajos, hemos seleccionado 18 estudios primarios que serán objeto de análisis y discusión. La Tabla 2 muestra los resultados de búsqueda para cada base de datos, así como el número de artículos seleccionados finalmente para cada búsqueda.

## Análisis de resultados

La siguiente sección describe los trabajos de la Tabla 2 según los siguientes criterios: tipos de actividades de aprendizaje utilizadas como casos de estudio, modalidad (e.g., imagen, audio, vídeo, etc.) y tipos de sensores utilizados para la recolección de datos bajo dicha modalidad, técnicas de análisis de datos utilizadas, y productos obtenidos (e.g., si hay software o un framework derivado de la investigación). La sección finaliza con una descripción de las redes de colaboración de MMLA en Chile.

**Tabla 2**  
*Trabajos de MMLA en Chile*

Año	Ref.	Tipo actividad	Modalidad	Sensor	Técnica análisis	Producto
2018	Munoz et al., 2018	presentación oral	imagen	MS Kinect	análisis grupos	software
	Munoz et al., 2018b	presentación oral	imagen	MS Kinect	análisis grupos	software
	Noel et al., 2018	trabajo grupal	audio	Raspberry Pi ReSpeaker	ARS, estadística	visualizaciones
	Roque et al., 2018	presentación oral	imagen	MS Kinect	análisis grupos	N/A
	Roque et al., 2018b	presentación oral	imagen	MS Kinect	análisis grupos	N/A
	Villarroel et al., 2018	presentación oral	imagen	MS Kinect	análisis grupos	software
2019	Cornide et al., 2019	trabajo grupal	audio	Raspberry Pi ReSpeaker	ARS, estadística	visualizaciones
	Riquelme et al., 2019	trabajo grupal	audio	Raspberry Pi ReSpeaker	ARS	software
	Riquelme et al., 2019b	trabajo grupal	audio, vídeo	Raspberry Pi ReSpeaker	ARS, estadística	N/A
	Roque et al., 2019	presentación oral	imagen	MS Kinect	análisis grupos, estadística	N/A
	Roque et al., 2019b	presentación oral	imagen	MS Kinect	minería secuencias	N/A
2020	Cornide et al., 2020	trabajo grupal	audio	micrófonos solapa	ARS, estadística	software, app
	Riquelme et al., 2020	trabajo grupal	micro-localización	beacons bluetooth	estadística	visualizaciones
2021	Ponce et al., 2021	trabajo grupal	vídeo	videocámara	red neuronal	visualizaciones
	Salinas et al., 2021	trabajo grupal	audio, vídeo	micrófono omnidireccional, videocámara	estadística	N/A
	Schlotterbeck et al., 2021	clase de aula	audio	micrófono con smartphone	análisis espectral, aprendizaje de máquina	software, framework
	Vieira et al., 2021	presentación oral	imagen	MS Kinect	análisis grupos, estadística, minería	framework
2022	Noel et al., 2022	trabajo grupal y competitivo	audio, vídeo	Raspberry Pi ReSpeaker, cámaras USB	aprendizaje de máquina	software

### Limitaciones del estudio

Esta revisión bibliográfica se ha enfocado en las dos principales bases de datos de artículos científicos, WoS y Scopus, excluyendo otras como SciELO o Latindex. Para incluir actas de conferencias, se han incluido las editoriales IEEE y ACM, que cuentan con una importante presencia de publicaciones en ingeniería informática y ciencias de la computación. Los libros de actas de otras editoriales y que no están indexadas en WoS o Scopus se excluyen de nuestra búsqueda. Además, las búsquedas están limitadas al inglés y español, excluyéndose también (con la excepción de unos pocos trabajos en portugués) posibles artículos con afiliaciones chilenas pero publicados en otros idiomas. A pesar de lo anterior, es muy probable que los trabajos que hayan quedado fuera de este estudio sean una minoría, y de un impacto en la divulgación científica (en términos de factor de impacto y número de citas) menor a los artículos considerados.

---

## **Analítica multimodal del aprendizaje en Chile**

Para responder las preguntas de investigación, hemos clasificado la información de los artículos según los criterios de la Tabla 2. El análisis de resultados se realizará a partir de las evidencias encontradas para cada uno de los criterios definidos.

### **Tipos de actividad**

De los trabajos seleccionados, se distinguen dos tipos de actividades de aprendizaje principales: presentaciones orales (8 trabajos) y actividades colaborativas (9). Además, se observa una clase de aula tradicional (Schlotterbeck et al., 2021) y actividades colaborativas que suman actividades competitivas (Noel et al., 2022). Según los años de publicaciones, los primeros trabajos se enfocan principalmente en actividades de presentaciones orales (todas individuales), mientras que los últimos años han derivado en el estudio de actividades grupales. Estos últimos son en su mayoría actividades presenciales, donde se busca potenciar la colaboración, por ejemplo, mediante actividades lúdicas manuales (Riquelme et al., 2019), empleando metodologías de desarrollo ágil de la ingeniería de software (Noel et al., 2018; Cornide et al., 2019) y Lego Serious Play (Ponce et al., 2021), o bien proponiendo ejercicios orientados a resultados (Salinas et al., 2021). Una de las actividades consideradas fue online, tratándose de grupos de trabajo por Zoom durante el contexto de pandemia (Cornide et al., 2020), mientras que otra se realizó antes de la pandemia en una biblioteca, siendo la única actividad colaborativa observada que considera desplazamiento de sus participantes (Riquelme et al., 2020).

### **Modalidades y sensores**

Imágenes (8) y audio (8) son las dos modalidades dominantes, seguidas por vídeo (4) y micro localización (1). Los primeros trabajos, enfocados en presentaciones grupales, utilizan análisis de imágenes, mientras que el audio y vídeo se utiliza para el análisis de la colaboración en trabajos grupales. Las imágenes usadas son principalmente de posturas corporales, con la excepción de Roque et al. (2019b) y Vieira et al. (2021), quienes trabajaron con secuencias corporales, vale decir, imágenes de posturas corporales a las que se les incorpora una variable temporal. Pese a estas diferencias, en todos los casos se utilizan Microsoft Kinect como sensores para la recolección de imágenes.

El audio proviene casi en su totalidad de interacciones de habla entre participantes de actividades grupales. Durante 2018-2019, se utilizaron Raspberry Pi ReSpeaker para la recolección del audio. Estos son micrófonos multidireccionales de cuatro entradas, que restringen las actividades a solo cuatro participantes, quienes deben permanecer en sus asientos durante toda la actividad. Es interesante notar que estas tecnologías suelen generar una buena recepción en el aula entre los estudiantes de ingeniería (Cornide et al., 2019). En la misma dirección, en Salinas et al. (2021) se analizaron datos provenientes de un micrófono omnidireccional. En este sentido, una novedad interesante se introdujo en Cornide et al. (2020), donde los ReSpeaker se reemplazaron por micrófonos de solapa conectados al teléfono móvil de los participantes, de modo de poder formar grupos de trabajo con cualquier número de participantes, sin restricciones de ubicación física. En Schlotterbeck et al. (2021) se utilizan también micrófonos con smartphone, pero esta vez para grabar el audio de profesores en salas de clase, en lugar de interacciones entre participantes.

En vídeo, se han utilizado tablets como apoyo al registro de audio (Riquelme et al., 2019b; Salinas et al., 2021), videocámaras para el registro de interacciones de manos en actividades de Lego Serious Play (Ponce et al., 2021), y módulos de cámaras USB como

---

otra forma de registrar posturas corporales (Noel et al., 2022). Finalmente, para la micro localización de personas se usaron beacons conectados por bluetooth con teléfonos móviles de participantes (Riquelme et al., 2020).

### **Técnicas de análisis**

Para el análisis de datos se han utilizado principalmente técnicas computacionales y estadísticas. Los análisis de imágenes de posturas corporales se realizan utilizando técnicas de clustering o agrupamiento (lo que en castellano también se conoce como análisis de grupos). El propósito de estas técnicas es agrupar posturas semejantes para poder caracterizar comportamientos frecuentes, por ejemplo, diferenciar entre posturas abiertas y cerradas (Munoz et al., 2018), o entre posturas activas, semi-activas y pasivas (Roque et al., 2018). En Munoz et al. (2018b), con estas técnicas consiguieron altas precisiones (accuracy) en el reconocimiento de posturas corporales. Más aún, con estas técnicas, a lo largo de todo un curso se consiguió identificar un decremento en las posturas pasivas y un incremento en las semi-activas en los estudiantes (Roque et al., 2018b). En Roque et al. (2019), el análisis de grupos se combinó también con estadística inferencial, para identificar 12 características relacionadas con posturas posturales y discursos orales, agrupadas en 3 clusters. Además del análisis de grupos, se ha utilizado minería de secuencias (en inglés, sequential pattern mining) para poder comparar presentaciones orales (Roque et al., 2019b), identificar las secuencias posturales más frecuentes en los estudiantes y complementar los datos proveídos por el análisis de grupos y otras técnicas estadísticas (Vieira et al., 2021).

Para analizar las interacciones de participantes en actividades colaborativas, a partir de datos de habla de los participantes, se suelen usar técnicas de estadística descriptiva y análisis de redes sociales (ARS). En efecto, las interacciones de habla se pueden representar como grafos o redes, donde los participantes son los vértices del grafo, y las aristas representan las distintas interacciones de habla, con sus respectivas frecuencias o intensidades (Riquelme et al., 2019). En Noel et al. (2018) se propusieron dos medidas de centralidad, llamadas permanence y prompting, para cuantificar la permanencia de habla y la frecuencia de interacción de habla de los distintos participantes. Para la actividad contemplada, se concluyó que los grupos menos productivos y experimentados tendían a ser menos colaborativos; los más tranquilos, tendrían a ser más productivos; y que la experiencia por sí sola no estaba directamente relacionada a la productividad. Estas medidas también ayudan a diferenciar entre grupos de trabajo colaborativos y no-colaborativos (Cornide et al., 2019). Ambas medidas han sido parcialmente validadas de forma interna con otras variables cualitativas y de percepción de los actores involucrados en actividades de enseñanza-aprendizaje (Salinas et al., 2021).

En Riquelme et al. (2020), para analizar los datos de geolocalización de los estudiantes durante una actividad de búsqueda grupal de información en una biblioteca, se utilizaron técnicas sencillas de estadística descriptiva. Esto bastó para identificar tres roles bien diferenciados entre los estudiantes: los recolectores, aquellos que se desplazaban por los anaqueles de la biblioteca buscando información; los embajadores, aquellos que se comunicaban con otros grupos de trabajo; y los secretarios, aquellos que permanecían en sus asientos recopilando la información y redactando el trabajo propuesto.

Por último, debemos mencionar las técnicas empleadas provenientes de la inteligencia artificial, utilizan tanto para análisis de audio como de vídeo. En Ponce et al. (2021), mediante redes neuronales se consiguió detectar con una alta precisión las interacciones de manos en un tablero de Lego Serious Play. En Schlotterbeck et al. (2021) se usaron técnicas de análisis de audio espectral a partir de grabaciones de clases de profesores, para ayudar a entrenar modelos de aprendizaje de máquina (en inglés, machine learning), los que

permitieron predecir patrones comunes de actividades docentes. Finalmente, en Noel et al. (2022) se usó aprendizaje de máquina sobre datos de audio y vídeo provenientes, respectivamente, de interacciones de habla y posturas corporales, aportando evidencia empírica sobre cómo las herramientas de MMLA pueden ayudar a los profesores a evidenciar patrones de colaboración en la práctica.

### **Productos obtenidos**

Con relación a los productos obtenidos en Chile a la fecha, se pueden mencionar de tres tipos, ordenados según su escalamiento en transferencia tecnológica: visualizaciones (4), frameworks (2), y softwares (7). En cuanto a las primeras, se destaca la posibilidad de visualizar interacciones de habla como grafos o redes sociales (Noel et al., 2018), así como el uso de mapas de calor y gráficas de trayectorias temporales para visualizar actividades colaborativas con desplazamiento en un espacio de trabajo (Riquelme et al., 2020). Uno de los frameworks propuesto se basa en interacciones estudiante-profesor en el aula (Schlotterbeck et al., 2021), mientras que el otro en el análisis de expresiones corporales para presentaciones orales. Finalmente, en cuanto a software, destacan principalmente tres aplicaciones. Una corresponde a un dashboard de observación de presentaciones orales para el apoyo docente (Villarroel et al., 2021). Otra es un software que integra datos de audio y vídeo provenientes de distintos sensores para el análisis inteligente de actividades grupales (Noel et al., 2022). Finalmente, NAIRA es una aplicación consistente en un dashboard centralizado y aplicaciones móviles para el monitoreo en tiempo real de interacciones de habla en actividades colaborativas, que pueden ser en línea o presenciales (Cornide et al., 2021).

### **Redes de colaboración**

Al analizar las redes de colaboración existentes, destacan dos aspectos. El primero es que el 83% de los artículos presenta redes de colaboración con Universidades e Institutos ubicados en Brasil. De ellos, la mayoría tiene a autores chilenos como primer autor o autor correspondiente. Lo segundo es que el 94% de los artículos tiene al menos un académico de la Universidad de Valparaíso (UV). Lo anterior, da cuenta de un trabajo de investigación sostenido en los últimos años por los académicos de la UV, donde han utilizado distintos tipos de sensores con distintas técnicas de análisis de datos. En Munoz et al. (2018), reportan sobre la falta de herramientas tecnológicas que faciliten la medición para monitorear el desarrollo de habilidades complejas en los estudiantes. Este diagnóstico dio origen a colaboraciones entre universidades para el desarrollo de distintas tecnologías, donde destaca el uso de Kinect (Munoz et al., 2018), micrófonos multidireccionales (Noel et al., 2018; Cornide et al., 2019; Noel et al., 2022), cámaras (Roque et al., 2019; Vieira et al., 2021), micrófonos de solapa (Cornide et al., 2021), beacons (Riquelme et al., 2020) y redes neuronales (Ponce et al., 2021).

En el ámbito nacional, la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), es la segunda con mayor participación en los estudios (66%) seguida de la Universidad de Atacama (UDA) con un 27%. Finalmente, sólo fue posible identificar un trabajo en red con la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM). Asimismo, fue posible identificar un trabajo reciente realizado por académicos de la Universidad de Chile.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

A partir de los hallazgos, es posible identificar un interesante polo de desarrollo de investigación de LA/MMLA en Chile. Los resultados son consistentes a lo declarado por



Cechinel (2020) y evidencian, entre otros aspectos, el liderazgo de la UV en la exploración de nuevas tecnologías que permitan monitorear el desarrollo de habilidades del siglo XXI. Las redes de colaboraciones, tanto nacionales como internacionales, también son lideradas por académicos pertenecientes a la UV. Existe gran disponibilidad de recursos tecnológicos (Visualización, frameworks y softwares) que fueron desarrollados de forma ad-hoc para satisfacer las necesidades de exploración de posibilidades en MMLA. En este estudio se destaca un gran uso del análisis correspondiente a modalidades de imágenes y voz, que se enfocan principalmente en posturas corporales e interacciones de habla. El uso de sensores a bajo costo, ha permitido ampliar el análisis a otros aspectos modales, como los trabajos de micro localización, los cuales tienen una oportunidad de destacar en las MMLA. Pero realizar estos tipos de estudios implica un costo amplio en desarrollo de tecnologías, debido a que nace la necesidad de desarrollar plataformas para la recolección y análisis de los datos. Es por ello, que se aprecian frameworks de integración de técnicas y tecnologías, y las existencias de aplicaciones de software con potencialidad de transferencia tecnológica y aplicabilidad en la industria.

Los resultados dan cuenta del impacto positivo que tienen las tecnologías como medio de apoyo para tareas complejas, como es el desarrollo de habilidades. Estas iniciativas concuerdan con las nuevas disposiciones y obligaciones que las Instituciones de educación superior establecen en los procesos formativos de profesionales para la Industria 4.0. Finalmente, no se identificaron grupos formales de investigación en Chile encargados de desarrollar y sostener esta línea en el tiempo, como, por ejemplo, SoLAR o LEARN. Pero se aprecia un grupo de investigación bien conectado a nivel nacional que, aunque pequeño, agrupa tres universidades del país, todas ellas de regiones.

Este trabajo pretende ser el punto de inicio, una especie de radiografía en la temática, que pueda ser tomada en consideración para futuras investigaciones en el ámbito de LA y MMLA. Como trabajo futuro, pretendemos contrastar los resultados obtenidos con estudios similares realizados en otros países para comparar las barreras y posibilidades declaradas por los investigadores. Finalmente señalar que las líneas de investigación y desarrollo identificadas en este trabajo ofrecen interesantes oportunidades de colaboración con América Latina, no solo en el ámbito educativo sino también en el ámbito laboral (Riquelme et al., 2019b), especialmente en contextos donde se busca reforzar la colaboración y capacidades de liderazgos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blikstein, P. (2013). Multimodal learning analytics. Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge – LAK '13. <https://doi.org/10.1145/2460296.2460316>
- Cechinel, C., Ochoa, X., Lemos dos Santos, H., Carvalho Nunes, J. B., Rodés, V., & Marques Queiroga, E. (2020). Mapping learning analytics initiatives in Latin America. *Br J Educ Technol*, 51(4), 892-914. <https://doi.org/10.1111/bjet.12941>
- Cornide-Reyes, H., Noël, R., Riquelme, F., Gajardo, M., Cechinel, C., Mac Lean, R., Becerra, C., Villarroel, R., & Munoz, R. (2019). Introducing low-cost sensors into the classroom settings: Improving the assessment in agile practices with multimodal learning analytics. *Sensors*, 19(15), 3291. <https://doi.org/10.3390/s19153291>
- Cornide-Reyes, H., Riquelme, F., Monsalves, D., Noel, R., Cechinel, C., Villarroel, R., Ponce, F., & Munoz, R. (2020). A multimodal real-time feedback platform based on spoken interactions for remote active learning support. *Sensors*, 20(21), 6337. <https://doi.org/10.3390/s20216337>

- 
- Galván, I. (2021). Las clases virtuales durante la pandemia de COVID-19. *Revista de la Fundación Educación Médica*, 24(3), 159. <https://doi.org/10.33588/fem.243.1129>
- Grupo Prensa Digital. Portalinnova. Chile es uno de los países más posicionados en los procesos de digitalización, a pesar de que las organizaciones invierten un 5,5% en tecnología: <https://cutt.ly/l1yE72u>
- Karie, N. M., Sahri, N. M., & Haskell-Dowland, P. (2020). IoT threat detection advances, challenges and future directions. 2020 Workshop on Emerging Technologies for Security in IoT (ETSecIoT). <https://doi.org/10.1109/etseciot50046.2020.00009>
- Larrain, A. (2009). El rol de la argumentación en la alfabetización científica. *Estudios Públicos*, (116). <https://doi.org/10.38178/cep.vi116.417>
- Larrain, A., Singer, V., Strasser, K., Howe, C., López, P., Pinochet, J., Moran, C., Sánchez, Á., Silva, M., & Villavicencio, C. (2021). Argumentation skills mediate the effect of peer argumentation on content knowledge in middle-school students. *Journal of Educational Psychology*, 113(4), 736-753. <https://doi.org/10.1037/edu0000619>
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 03(05), 164-173. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>
- Mangaroska, K., & Giannakos, M. (2019). Learning analytics for learning design: A systematic literature review of analytics-driven design to enhance learning. *IEEE Trans. Learn. Technol.*, 12(4), 516-534. <https://doi.org/10.1109/tlt.2018.2868673>
- Munoz, R., Schumacher Barcelos, T., Villarroel, R., Guinez, R., & Merino, E. (2018). Body posture visualizer to support multimodal learning analytics. *IEEE Latin America Transactions*, 16(11), 2706-2715. <https://doi.org/10.1109/tla.2018.8795111>
- Neyem, A., Diaz-Mosquera, J., Munoz-Gama, J., & Navon, J. (2017). Understanding student interactions in capstone courses to improve learning experiences. *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*. <https://doi.org/10.1145/3017680.3017716>
- Noël, R., Miranda, D., Cechinel, C., Riquelme, F., Primo, T. T., & Munoz, R. (2022). Visualizing collaboration in teamwork: A multimodal learning analytics platform for non-verbal communication. *Applied Sciences*, 12(15), 7499. <https://doi.org/10.3390/app12157499>
- Palomares, R., & Zonia, K. (2021). Uso del Aula Virtual Classroom y Proceso de Aprendizaje de estudiantes de secundaria en el área de comunicación, IE 20320, Hualmay-Huaura 2021. Lima Norte. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/70685>
- Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007>
- Ponce-Sandoval, A., Monsalves, D., Riquelme, F., & Cornide-Reyes, H. (2021). MMLA approach to analyze collaborative work in Lego serious play activities. 2021 40th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC). <https://doi.org/10.1109/sccc54552.2021.9650375>
- Riquelme, F., Munoz, R., Mac Lean, R., Villarroel, R., Barcelos, T. S., & De Albuquerque, V. H. (2019). Using multimodal learning analytics to study collaboration on discussion groups. *Univers Access Inf Soc*, 18(3), 633-643. <https://doi.org/10.1007/s10209-019-00683-w>
- Riquelme, F., Noël, R., Munoz, R., & Lean, R. M. (2019). How to enhance collaboration in Latin America to be more competitive worldwide? A multimodal learning analytics approach. *Proceedings of the IX Latin American Conference on Human Computer Interaction (CLIHC '19)*. <https://doi.org/10.1145/3358961.3358999>
- Riquelme, F., Noel, R., Cornide-Reyes, H., Geldes, G., Cechinel, C., Miranda, D., Villarroel, R., & Munoz, R. (2020). Where are you? Exploring micro-location in indoor learning environments. *IEEE Access*, 8, 125776-125785. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3008327>
-

- 
- Roque, F., Cechinel, C., Weber, T. O., Lemos, R., Villarroel, R., Miranda, D., & Munoz, R. (2019). Using depth cameras to detect patterns in oral presentations: A case study comparing two generations of computer engineering students. *Sensors*, 19(16), 3493. <https://doi.org/10.3390/s19163493>
- Roque, F., Cechinel, C., Muñoz, R., Lemos, R., & Weber, T. O. (2019). Encontrando OS padrões sequenciais Em apresentações orais de estudantes utilizando sequential pattern mining. *Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2019)*. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2019.1896>
- Salinas, O., Riquelme, F., Munoz, R., Cechinel, C., Martinez, R., & Monsalves, D. (2021). Can analytics of speaking time serve as indicators of effective team communication and collaboration? X Latin American Conference on Human Computer Interaction (CLIHIC 2021). <https://doi.org/10.1145/3488392.3488404>
- Schlotterbeck, D., Uribe, P., Araya, R., Jimenez, A., & Caballero, D. (2021). What classroom audio tells about teaching: A cost-effective approach for detection of teaching practices using spectral audio features. *LAK21: 11th International Learning Analytics and Knowledge Conference*. <https://doi.org/10.1145/3448139.3448152>
- Siemens, G., & Baker, R. S. (2012). Learning analytics and educational data mining. *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Soto-Aguirre, T. (2020). Clases online o la necesidad de adaptación a Una nueva forma de establecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Saberes Educativos*, (5), 09. <https://doi.org/10.5354/2452-5014.2020.57780>
- Souza, A., Merino, E., Silva, L.A., Munoz, R., Guiñez, R., Villarroel, R., Barcelos, T.S. (2018). Development of a software that supports multimodal learning analytics: A case study on oral presentations. *Journal of Universal Computer Science* 24(2): 149-170. <https://doi.org/10.3217/JUCS-024-02-0149>
- Vieira Roque, F., Cechinel, C., Merino, E., Villarroel, R., Lemos, R., & Munoz, R. (2018). Using multimodal data to find patterns in student presentations. 2018 XIII Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO). <https://doi.org/10.1109/laclo.2018.00054>
- Vieira, F., Cechinel, C., Ramos, V., Riquelme, F., Noel, R., Villarroel, R., Cornide-Reyes, H., & Munoz, R. (2021). A learning analytics framework to analyze corporal postures in students presentations. *Sensors*, 21(4), 1525. <https://doi.org/10.3390/s21041525>
- Villarroel, R., Villalobos, C., Merino, E., Barcelos, T., & Munoz, R. (2018). Developing a dashboard to support the analysis of multimodal educational data. 2018 37th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC). <https://doi.org/10.1109/sccc.2018.8705240>
- Worsley, M., Abrahamson, D., Blikstein, P., Grover, S., Schneider, B., & Tissenbaum, M. (2016). Situating multimodal learning analytics. *International Society of the Learning Sciences (ISLS)*.
-