

El papel de la pedagogía en clases con computadoras uno a uno: un estudio observacional cuantitativo de las interacciones profesor-alumno

The role of pedagogy in one-to-one computing lessons: a quantitative observational study of teacher-student interactions

Dr. Arnon HERSHKOVITZ. Profesor Titular. Tel Aviv University (arnonhe@tauex.tau.ac.il).

Dra. Agathe MERCERON. Catedrática. Beuth Hochschule für Technik Berlin (merceron@beuth-hochschule.de).

Amran SHAMALY. Auxiliar de Investigación. Shamir Research Institute (amranshamaly@gmail.com).

Resumen:

En este estudio comparamos las interacciones entre profesor y alumno en clases tradicionales y en clases que implementan un programa de computación *uno a uno*, donde todos los alumnos y el profesor tienen una tableta conectada a Internet para usar en el aula. Adoptando un enfoque intrasujeto, hemos usado observaciones de campo cuantitativas para investigar la desviación respecto de las clases tradicionales (sin uso de computadoras). La población del estudio incluyó tres profesoras de inglés de 5.º y 6.º curso. Los hallazgos mostraron que las

profesoras cambiaron su manera de enseñar cuando usaron tabletas en su clase, pero cada profesora cambió de manera diferente. Sin embargo, hubo similitudes en el tiempo total empleado en debates de toda la clase y en el tiempo de uso de la computadora. También hallamos que las interacciones son típicas de los tipos de configuración de aprendizaje, con independencia del uso que se le dé a la computadora. Concluimos el artículo con la exposición de los hallazgos, destacando sus implicaciones para la capacitación del profesorado.

Agradecimientos: este estudio ha sido financiado parcialmente por la beca Marie Curie de Integración en la Carrera Investigadora (CIG) 618511/ARTIAC de la Comisión Europea.

Fecha de recepción de la versión definitiva de este artículo: 30-01-2019.

Cómo citar este artículo: Hershkovitz, A., Merceron, A. y Shamaly, A. (2019). El papel de la pedagogía en clases con computadoras *uno a uno*: un estudio observacional cuantitativo de las interacciones profesor-alumno | *The role of pedagogy in one-to-one computing lessons: a quantitative observational study of teacher-student interactions*. *Revista Española de Pedagogía*, 77 (274), 487-515. doi: <https://doi.org/10.22550/REP77-3-2019-05>

<https://revistadepedagogia.org/>

ISSN: 0034-9461 (Impreso), 2174-0909 (Online)

Descriptor: programa de computación *uno a uno*, enseñanza mejorada mediante tecnología, interacciones profesor-alumno, observaciones de campo cuantitativas.

Abstract:

In this study, we compared teacher-student interactions in traditional lessons and in lessons implementing a one-to-one computing program, where all students and the teacher have an Internet-connected tablet to be used in the classroom. Taking a within-subject approach, we used quantitative field observations to investigate deviance from traditional lessons (with no use of computers). The study

population included three sixth-grade English teachers. Findings show that the teachers change their teaching when tablets are used in the classroom, but each teacher changes differently. Nevertheless, there are similarities in the overall time spent on whole-class discussions and in the time of overall computer use. We also find that interactions are typical of learning configuration types, independent of computer use. We conclude the paper by discussing the findings and noting their implications for teacher training.

Keywords: one-to-one computing program, technology-enhanced learning, teacher-student interactions, quantitative field observations.

1. Introducción

Las interacciones entre profesor y alumno son clave en el aprendizaje tanto en entornos tradicionales como en aquellos potenciados mediante la tecnología (Gavilán Bouzas, 2009; Fleming, 2016; Ley y Gannon-Cook, 2014; Li, Burton, Lockee y Potter, 2015; Paul y Cochran, 2013). La inclusión de las tecnologías digitales en las aulas puede mejorar el discurso de la clase (Kong, 2011; Tolboom y Grafimedia, 2012). Esto se explica con frecuencia a través del cambio de la enseñanza, que pasa de estar centrada en el profesor a estar más centrada en el alumno (Fleischer, 2012; Lowther, Inan, Ross y Strahl, 2012), lo que, a su vez, puede fomentar la interacción profesor-alumno (Drijvers, Doorman, Boon, Reed y Gravemeijer, 2010; Higgins y BuShell, 2018; Tabach, 2011, 2013). En concreto, la reciente introducción de la computación *uno a uno* (1:1) en el aula

puede cambiar la capacidad del profesor para gestionar un entorno educativo más abierto y, posiblemente, producir un cambio significativo en las interacciones profesor-alumno (Spires, Oliver y Corn, 2011). Un aspecto tecnológico común a la mayoría de estos programas es que cada alumno (y el profesor) tiene un dispositivo portátil conectado a Internet (por lo general, un ordenador portátil o una tableta). Por lo demás, el alcance y los detalles varían entre las instituciones. En algunos contextos, los alumnos pueden llevarse a casa las computadoras y, en otros, pueden llevar sus propias computadoras al colegio (BYOD: *Bring Your Own Device*); en otros casos, el colegio compra un número limitado de computadoras, las guarda y las entrega a los alumnos previa solicitud. El uso de las computadoras también varía y depende en gran medida de la decisión del colegio y del profesor (Fleischer, 2012; Penuel, 2006).

Aunque se ha investigado mucho sobre el contexto general de las aulas mejoradas con tecnología, la información recogida sobre las interacciones profesor-alumno en las aulas 1:1 es escasa; en un análisis de más de 600 estudios sobre aulas con computación 1:1, Fleischer (2012) halló que, mientras que muchos estudios han examinado la interacción alumno-computadora, «ninguno de los artículos se ha centrado en los efectos de la aplicación del proyecto 1:1, por ejemplo, los efectos en la comunicación verbal en el aula» (p. 113). El efecto potencial de los programas de computación 1:1 en las interacciones entre profesor y alumno resulta evidente en un estudio de caso más reciente que sostiene que la tecnología 1:1 puede afectar a la relación profesor-alumno como consecuencia de la mayor autonomía de los alumnos y de los mayores niveles de competencia adquiridos por ambos, lo cual crea una clase más estimulante (Higgins y BuShell, 2018).

Nosotros hemos cubierto este hueco estudiando las interacciones entre profesor y alumno en clases tradicionales y clases 1:1 aplicando un enfoque único. Hemos recogido y analizado datos detallados sobre interacciones en el aula utilizando el método de observación de campo cuantitativa (Quantitative Field Observation o QFO). El resto del repaso de la literatura en esta introducción se centra en dos temas de gran relevancia para nuestro examen: las asociaciones entre la tecnología en el aula y las interacciones profesor-alumno, y la incorporación de la tecnología en las aulas por parte de los profesores. Para finalizar, puesto que aplicamos un enfoque único para estudiar este fenómeno, trataremos algunos temas metodológicos relevantes.

1.1. Efectos de las interacciones profesor-alumno en el aula

Las interacciones entre los alumnos y sus profesores, sus compañeros, el material educativo o consigo mismos constituyen la base de cualquier proceso de aprendizaje. En el contexto del aprendizaje en el aula, las interacciones profesor-alumno son de suma importancia. No solo son necesarias para la propia facilitación de las clases; se ha demostrado en repetidas ocasiones que la calidad de estas interacciones está vinculada positivamente con los resultados académicos y conductuales (Allen et al., 2013; Cadima, Leal y Burchinal, 2010; Cadima, Verschueren, Leal y Guedes, 2016; Hu et al., 2017; Luckner y Pianta, 2011).

En un análisis reciente de veintitrés estudios sobre los efectos de las interacciones profesor-alumno en las funciones ejecutivas de los alumnos, Vandenbroucke, Spilt, Verschueren, Piccinin y Baeyens (2018) hallaron que, en general, las interacciones positivas entre profesor y alumno estaban relacionadas con un mejor rendimiento de las funciones ejecutivas. Los autores señalan varios mecanismos que pueden mediar en estos efectos: la manifestación emocional positiva de las interacciones entre profesor y alumno puede reducir el estrés e incrementar el compromiso y la exploración; las interacciones organizativas positivas pueden ayudar a los estudiantes a ordenar su comportamiento e interiorizar estrategias de regulación, o servir como modelo de funciones ejecutivas eficientes y eficaces; por último, el apoyo educativo, que a menudo se manifiesta a través de las interacciones profesor-alumno, puede amenizar las actividades del aula caracterizadas

por el pensamiento de orden superior, así como facilitar el desarrollo del lenguaje. Todo esto destaca la gran importancia práctica de las interacciones positivas entre el profesor y el alumno.

Los profesores utilizan las interacciones con los alumnos de varias maneras. Un análisis reciente ha demostrado que estos métodos incluyen la asistencia y participación en discursos y debates, la instrucción y la modelización, la gestión de las actividades y procesos del aula, el apoyo a los alumnos y el desarrollo de la disciplina (Wang, 2017). Basándose en la evidencia acumulada en más de 4000 aulas sobre la eficacia de los profesores, Allen et al. (2013) concluyeron que la mejor forma de explicar las interacciones profesor-alumno es mediante una estructura latente tridimensional que abarca los ámbitos emocional, organizativo y conductual. Esta estructura sirve de base para algunas de las herramientas más comunes para medir las interacciones profesor-alumno, incluida la que se empleará en este estudio (Good y Brophy, 1970) (véase la sección 1.4 a continuación). Utilizando esa herramienta, un estudio anterior reveló el sesgo de los profesores en la afirmación y el elogio según la etnia de los alumnos (favoreciendo a los alumnos angloamericanos frente a los mexicanos-estadounidenses). También se demostró que las chicas tendían a iniciar más interacciones relacionadas con las tareas, mientras que los chicos participaban más en interacciones públicas (Buriel, 1983; Hart, 1989). En otro estudio con la misma metodología se argumentó que los profesores se hacen con el control de las cla-

ses reduciendo las interacciones de modo general durante la mayor parte del tiempo de clase (Jones y Vesilind, 1994). Recientemente, esta herramienta se empleó para estudiar asociaciones entre las interacciones diádicas profesor-alumno en el marco de una clase completa y el rendimiento de los alumnos, y no se hallaron pruebas de tal relación (Flieller, Jarlégan y Tazouti, 2016).

El entorno del aula tiene implicaciones claras y directas sobre el modo en que se manejan las interacciones profesor-alumno, por lo que es importante explorar cómo cambian estas interacciones cuando se introduce tecnología en el aula.

1.2. Tecnología en el aula e interacciones profesor-alumno

La tecnología tiene el potencial de cambiar el aula. Las interacciones entre alumnos y computadoras, la planificación del tiempo, la gestión del aprendizaje, las formas de aprendizaje, los papeles de los profesores y los alumnos o las cuestiones técnicas son solo algunos ejemplos de aspectos del aprendizaje y la enseñanza que pueden verse afectados drásticamente cuando se introduce tecnología. Todo ello afecta también a la interacción profesor-alumno, un elemento clave del aprendizaje y la enseñanza, y la base de cualquier pedagogía dirigida por el profesor. Dada la importancia del tema, la investigación sobre aulas equipadas con tecnología (es decir, no solo las aulas 1:1) ha analizado con frecuencia el tema de las interacciones profesor-alumno; en general, los estudios sugieren que las interacciones profesor-alumno mejoran en las aulas equipadas con tecnología en

comparación con el entorno tradicional, a menudo debido a los cambios en las prácticas docentes (Birmingham, Davies y Greiffenhagen, 2002; Gupta y Fisher, 2011; Ha, 2008; Koh y Frick, 2009; Mason, 2014; Minsu Jang, Dae-Ha Lee, Jaehong Kim y Youngjo Cho, 2013).

Un estudio reciente de la interacción profesor-alumno en educación K-12 [primaria y secundaria] mejorada con tecnología analiza veinticinco artículos publicados entre 2005 y 2016 (Harper, 2018). Este estudio revela varios cambios significativos en las interacciones profesor-alumno, tanto las que tienen lugar cara a cara como aquellas en línea. En las primeras (que son más relevantes para nuestra investigación), las interacciones cambiaron normalmente de modo sustancial, pasando a estar más centradas en el alumno.

En general, el uso de tecnología en el aula puede fomentar la interacción y la comunicación entre el profesor y el alumno. Por un lado, cuando los alumnos trabajan activamente con el material a través de dispositivos computarizados, o cuando reciben *feedback* inmediato en la computadora, es posible que estén mejor preparados o se impliquen más en las conversaciones de la clase durante o después de las actividades. Por otro lado, cuando los alumnos aprenden solos con la computadora, es posible que llamen al profesor para pedirle ayuda en lugar de pedírsela a sus compañeros; es decir, las interacciones profesor-alumno aumentarán, al tiempo que disminuyen las interacciones alumno-alumno (Chiu y Lee, 2009; Ha, 2008).

No solo cambia la cantidad de interacciones profesor-alumno, sino también su naturaleza. Las clases potenciadas con tecnología pueden fomentar estrategias de enseñanza diferentes a las empleadas en las clases tradicionales (véase la siguiente sección), generando interacciones más cercanas (es decir, de proximidad) entre los profesores y sus alumnos y, en conjunto, una mejor relación profesor-alumno (Hershkovitz, 2018; Hershkovitz y Bransi, 2019). El cambio en las actividades educativas afecta también al contenido de las interacciones; las actividades están más relacionadas con el aprendizaje activo y el empoderamiento (Chen y Looi, 2011; Dündar y Akçayir, 2014; Geiger, Faragher y Goos, 2010; Hämäläinen y De Wever, 2013; Houen, Danby, Farrell y Thorpe, 2016; Leeuwen y Gabriel, 2007; Yang, Wang y Chiu, 2015).

En cualquier caso, es importante subrayar que las interacciones entre profesor y alumno durante una clase dependen, en gran medida, del profesor, del alumno y del contexto. El modo en que un profesor dirige su clase e interacciona con los alumnos varía enormemente según sus características y sus convicciones pedagógicas (Koh y Frick, 2009; Tabach, 2013). Además, las características de los alumnos y sus actitudes hacia el aprendizaje pueden influir en las interacciones en el aula (Gupta y Fisher, 2011; Rudasill, 2011). Por último, el contexto de las tareas tratadas durante la clase, e incluso la ubicación de la misma, también pueden influir en las interacciones (Birmingham et al., 2002; Leeuwen y Gabriel, 2007).

1.3. Incorporación de nuevas tecnologías en el aula por parte del profesor

La integración de tecnología en el aula tiene el potencial de desencadenar cambios importantes en el modo en que se desarrolla la actividad docente. A menudo, se argumenta que el uso de la tecnología fomenta el papel de los profesores como mentores y facilitadores, en lugar de meros proveedores de conocimiento (Gomez y Lee, 2015; Watson, 2001). Sin embargo, se ha demostrado reiteradamente que, en muchos casos, los cambios no son sustanciales. Las computadoras respaldan con frecuencia estrategias pedagógicas existentes y tienen un efecto mínimo en el aula y en el ecosistema global del colegio (Brown, Englehardt, y Mathers, 2016; Lee, Spires, Wiebe, Hollebrands y Young, 2015; Hershkovitz y Karni, 2018).

A medida que los programas de computación 1:1 se han ido generalizando, se ha demostrado que, al igual que cualquier otro programa mejorado con tecnología, pueden beneficiar a los alumnos en el estudio (Bethel, 2014; de Melo, Machado y Miranda, 2017; Islam y Grönlund, 2016; Maxwell, 2015; Papadakis, Kalogiannakis y Zaranis, 2018; Penuel, 2006; Zheng, Warschauer, Lin y Chang, 2016) y cambiar de forma drástica la enseñanza y el aprendizaje (Fleischer, 2012; Spires et al., 2011). Aunque se han implementado en muchos países y han llegado a millones de alumnos (Richardson et al., 2013), estos programas no han alcanzado todavía su máximo potencial (Jenni y Mikko, 2013), y algunos colegios incluso los abandonan después de algunos años (Hatakka, Andersson y Grönlund, 2013; Hu, 2007; Swallow, 2015).

Al igual que con tecnologías anteriores, una de las mayores promesas de los programas 1:1 es su capacidad de pasar de un enfoque centrado en el profesor a uno centrado en el alumno (Dawson, Cavanaugh y Ritzhaupt, 2008; Fleischer, 2012; Islam y Grönlund, 2016; Oliver y Corn, 2008; Penuel, 2006; Varier et al., 2017; Zheng et al., 2016). No obstante, hay cierta evidencia de que los programas de computación 1:1 no están cambiando necesariamente las convicciones de los profesores sobre la enseñanza y el aprendizaje en general (Miller, 2008). Por ejemplo, muchos profesores aún perciben la tecnología como una plataforma para el suministro de contenido, es decir, como un amplificador de un enfoque centrado en el profesor (Grönlund, Wiklund y Böö, 2018); no dedican suficiente tiempo a familiarizarse con nuevas funciones que podrían mejorar su uso de la tecnología; en lugar de eso, siguen haciendo las cosas como siempre las han hecho. En este sentido, el propósito del presente estudio es explorar los cambios significativos que resultan evidentes cuando se implementan programas de computación 1:1.

1.4. Consideraciones metodológicas y marco teórico

En estudios anteriores se han utilizado diversas herramientas y técnicas para investigar cuantitativamente las interacciones entre profesor y alumno. Los métodos clásicos —en concreto, cuestionarios de autoinforme, observaciones del aula y grabaciones de la clase— han servido a los académicos del campo durante décadas y aún siguen en uso (García y Montanero, 2004; Pennings et al., 2014; Pettigrew et

al., 2013). Cada uno tiene sus ventajas y sus inconvenientes: las herramientas de autoinforme son relativamente sencillas de usar y permiten una recopilación rápida de datos, pero, por lo general, recogen el punto de vista de los participantes del fenómeno estudiado (a menudo subjetivo) y son propensos a tener muchos sesgos (Nardi, 2018). Las observaciones del aula pueden utilizarse para recoger datos objetivos en el contexto en el que se realizan, pero suelen emplearse para analizar medidas agregadas (Allen et al., 2013), o centrarse solo en un subgrupo de los estudiantes en un momento determinado (e.g., Cameron, 2014), ya que resulta muy difícil documentar todas las interacciones que tienen lugar en el aula durante una clase. Por último, las grabaciones de vídeo permiten realizar un análisis después del hecho, por lo que puede ser detallado, pero es posible que el vídeo no capture todo lo que sucede en el aula (por la ubicación de la cámara y el ángulo de grabación), y el análisis posterior requiere mucho tiempo.

En los últimos años, se han propuesto o probado técnicas más avanzadas de recogida de datos. Por ejemplo, Raca y Dillenbourg (2014) utilizaron un conjunto de cámaras web. Se colocaron unas cinco cámaras alrededor de la pizarra para grabar a todos los individuos presentes en el aula; otra se situó en la parte de atrás de la clase para registrar las acciones del profesor y los cambios de diapositiva. Además, el profesor llevaba gafas de seguimiento ocular para registrar su mirada. Thomas y Babu también han analizado enfoques similares (2017). A pesar de sus

avances tecnológicos, estos enfoques aún presentan dificultades: en primer lugar, el montaje del entorno de recogida de datos es complicado y puede ser caro; en segundo lugar, analizar la vasta cantidad de datos recopilados requiere cierta sofisticación técnica; en tercer lugar, el análisis automático de los datos recopilados implica un nivel de imprecisión que no puede ignorarse.

En este estudio utilizamos un enfoque diferente, ya aplicado con anterioridad en estudios educativos: las observaciones de campo cuantitativas (QFO). Este método requiere un programa de recogida de datos y un observador que codifica en tiempo real lo que sucede en el aula. Permite una recogida más sencilla de datos detallados, que además se almacenan de forma inmediata en un formato listo para el análisis. Este método se suele aplicar en casos en los que se desea registrar el comportamiento individual de un alumno junto con una identificación del mismo; en tales casos, suele implicar un ciclo de breves observaciones, cada una de ellas centrada en un alumno individual (DeFalco et al., 2018; Ocumpaugh, Baker, Gowda, Heffernan y Heffernan, 2014; Woolf et al., 2008). Para estudiar las interacciones profesor-alumno a nivel de clase (es decir, sin identificación del alumno), hemos recogido datos más detallados que en anteriores estudios de QFO; esto nos ha permitido documentar cada evento relacionado con una interacción durante la clase.

El protocolo de observación de Good y Brophy (1970) fue tal vez el primero en hacer referencia a las interacciones

diádicas profesor-alumno; el protocolo fue modificado después por Reyes y Fenema (1981). Estos protocolos validados se han utilizado para estudiar muchas variables diferentes en varios niveles de enseñanza y en múltiples entornos de aprendizaje. Debido a su validez, su grado de detalle y su popularidad, los consideramos adecuados para nuestra investigación. Además, las dimensiones de las interacciones profesor-alumno reflejadas en estos protocolos —contenido, comportamiento y procedimiento— encajan en la estructura latente de tres dominios de las interacciones profesor-alumno especificadas en el extenso análisis de (Allen et al., 2013) —instrucción, emoción y organización, respectivamente—. Mediante la adaptación y ampliación de los protocolos originales para adecuarlos a nuestro entorno de investigación (es decir, la clase al completo observada en todo momento), clasificamos cada interacción profesor-alumno en una de las categorías descritas en las siguientes subsecciones.

1.4.1. Interacciones relacionadas con el contenido

Las interacciones de esta categoría se dividen en:

- *Oportunidad de respuesta*: una oportunidad de respuesta es un intento público y relacionado con el contenido, por parte de un alumno individual o un grupo de alumnos, para responder a una pregunta planteada por el profesor. El profesor puede preguntar a un alumno particular o buscar voluntarios que deseen responder.

- *Comentario del profesor*: un comentario del profesor es una interacción pública y relacionada con el contenido, iniciada por el profesor en una forma distinta a la pregunta.
- *Comentario o pregunta del alumno*: un comentario o pregunta del alumno es una interacción pública y relacionada con el contenido, iniciada por un alumno o un grupo de alumnos, que no viene precedida por una pregunta del profesor.

1.4.2. Interacciones de comportamiento

Son comentarios públicos, no relacionados con el contenido, realizados por un profesor, bien como *valoración* (p. ej., «buena respuesta») o bien relacionados con la *disciplina* (p. ej., «por favor, no molestes»), dirigidos a un alumno o un grupo de alumnos.

1.4.3. Interacciones de procedimiento

Estas interacciones son públicas, no relacionadas con el contenido, y pueden ser iniciadas por profesores o alumnos; pueden estar relacionadas con la gestión de los alumnos o de la clase (p. ej., alumnos que piden permiso para ir al baño, o profesores/alumnos hablando sobre material desaparecido).

1.4.4. Interacciones no públicas

Las interacciones no públicas se desarrollan en privado entre el profesor y uno o varios alumnos. Como tales, asumimos que no podemos saber nada sobre su contenido; por tanto, no las categorizamos en detalle.

2. Objetivos y cuestiones de investigación

En vista de lo anterior, nuestro objetivo principal era estudiar de forma empírica

las diferencias en las interacciones entre profesor y alumno (tal como se definen en el marco teórico) en clases tradicionales y clases 1:1 utilizando datos detallados. Tuvimos en consideración que las interacciones son dependientes del contexto; por lo tanto, también examinamos la configuración de aprendizaje utilizada. Como las interacciones también son dependientes del profesor, aplicamos un enfoque intra-sujeto.

Formulamos las siguientes cuestiones de investigación:

1. ¿Cuál es la distribución de las configuraciones de aprendizaje en clases tradicionales y 1:1?
2. ¿Cuál es la distribución de los tipos de interacción entre profesor y alumno en clases tradicionales y 1:1?
3. ¿Cuál es la distribución de los tipos de interacción profesor-alumno por configuración de aprendizaje en clases tradicionales y 1:1?
4. ¿Se puede predecir la configuración de aprendizaje por los tipos y la distribución de las interacciones entre profesor y alumno?

3. Métodos

3.1. Población

Los participantes fueron tres profesoras de inglés de 5.º y 6.º curso en una escuela pública de primaria ubicada en un pueblo druso en el norte de Israel, y sus ochenta y seis alumnos (de once y doce

años). Este pueblo se caracteriza por un estatus socioeconómico relativamente bajo (categoría tres de diez, donde uno representa los pueblos con el estatus socioeconómico más bajo, y diez con el más alto) (Central Bureau of Statistics, 2017). En el momento de la recogida de datos (2014/15), el colegio participaba en un programa piloto de uso de tabletas (iniciado y gestionado por el Ministerio de Educación de Israel). Así, el colegio contaba con setenta y ocho tabletas que se guardaban en carritos de carga y estaban a disposición de los profesores (sobre todo para las clases de Matemáticas, Inglés y Ciencias); las tabletas se utilizaban para distintos propósitos: leer libros electrónicos, trabajar en un sistema de gestión del aprendizaje, realizar lluvias de ideas usando plataformas colaborativas, etc. Nos centramos en las clases de inglés, ya que el uso de computadoras era más elevado en esta asignatura.

Nos referiremos a las profesoras como AM, AR y RI. AM, con veintiún años de experiencia docente, era asimismo la coordinadora de informática del colegio y tenía treinta y dos alumnos en su clase; AR, con seis años de experiencia docente, tenía veinticinco alumnos en su clase; y RI, con diez años de experiencia docente, también era orientadora de informática para los profesores de la región donde se encuentra el colegio y tenía veintinueve alumnos en su clase. Cada profesora fue observada durante un total de cinco o seis clases de entre cuarenta y cinco y cincuenta minutos cada una. La descripción de las clases observadas se incluye en la Tabla 1.

TABLA 1. Información recopilatoria sobre las observaciones.

Profesor	Curso	Alumnos	Observaciones	
			Tradicional	1:1
AM	6	32	4	2
RI	5	29	4	2
AR	5	25	3	2
Total	-	86	11	6

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Variables de investigación

Hemos analizado las interacciones entre profesor y alumno basándonos en el protocolo de observación de Good y Brophy (1970), teniendo en cuenta la modificación de Reyes y Fennema (1981). Formulados en principio para las observaciones en el aula, estos protocolos hacen referencia a las interacciones diádicas profesor-alumno y facilitan la codificación de dichas interacciones sobre la base de un conjunto de categorías predefinidas. Sobre esta base, hemos definido un protocolo de observación para codificar cada interacción entre el profesor y un alumno o un grupo de alumnos, en el contexto de las clases mejoradas con tecnología. Aplicando las definiciones antes indicadas, cada interacción se codificó con una de las siguientes categorías:

- Interacciones relacionadas con el contenido
 - Oportunidad de respuesta.
 - Comentario del profesor.
 - Comentario o pregunta del alumno.
- Interacciones de comportamiento
 - Valoración.
 - Disciplina.

- Interacciones de procedimiento
- Interacciones no públicas

También documentamos la *configuración de aprendizaje* (debate de toda la clase, trabajo en grupo, trabajo por parejas, trabajo individual) y la *ubicación del profesor*, marcada en una división imaginaria del aula en 4x4 zonas (en este artículo no ofrecemos información sobre la ubicación, pues fue tratada previamente en Hershkovitz, Merceron y Shamaly, 2015).

3.3. Herramienta de recogida de datos

Para los fines de este estudio, desarrollamos una aplicación móvil especial para tabletas Android (Q-TSI: Quantifying Teacher-Student Interactions [cuantificación de interacciones profesor-alumno]¹) que permite al observador realizar de forma eficiente la observación; cada interacción entre el profesor y un alumno en el aula se documenta fácilmente pulsando un botón (Hershkovitz, Merceron y Shamaly, 2015). En el Gráfico 1 se presenta un esquema de la pantalla de observación principal de la aplicación.

GRÁFICO 1. Pantalla de observación principal de la aplicación de recogida de datos.

Configuración de aprendizaje

(debate de toda la clase, trabajo en grupo, trabajo por parejas, trabajo individual)

Terminar Tomar nota

Tecnologías utilizadas

Por profesor
(pizarra, proyector, libro, pantalla interactiva, ninguna)

Por alumno
(computadora, libro y computadora, ninguna)

Ubicación del profesor
(la posición de la mesa del profesor se marca en negrita)

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

Pizarra

Interacción pública, relacionada con el contenido

Oportunidad de respuesta	Comentario/pregunta
Directa Voluntaria	Profesor a un alumno Alumno único
Llamada a un alumno Llamada a dos o más alumnos	Profesor a dos o más alumnos Dos o más alumnos

Interacción pública, no relacionada con el contenido

Disciplina	Valoración	Procedimiento	
Alumno único	Alumno único	Profesor a un alumno	Alumno único
Dos o más alumnos	Dos o más alumnos	Profesor a dos o más alumnos	Dos o más alumnos

Interacción no pública

Ofrecida por el profesor

Iniciada por el alumno

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Procedimiento

Las observaciones de las clases se desarrollaron entre noviembre y diciembre de 2014 y entre marzo y junio de 2015. Realizamos nueve visitas al colegio, en las que observamos tres clases de modo reiterado; cada profesora (y sus alumnos) fue observada al menos tres veces en clases tradicionales —es decir, sin utilizar ningún tipo de computadora— y al menos dos veces en clases 1:1, durante las cuales había tabletas disponibles para el uso en modo *uno a uno*, aunque no necesariamente durante todo el tiempo de clase. El observador (el tercer autor) se situó en la parte trasera del aula, desde donde podía ver toda la clase.

Antes de estas observaciones de recogida de datos, el tercer autor (el observador) recibió formación del primer autor (el investigador principal). La formación

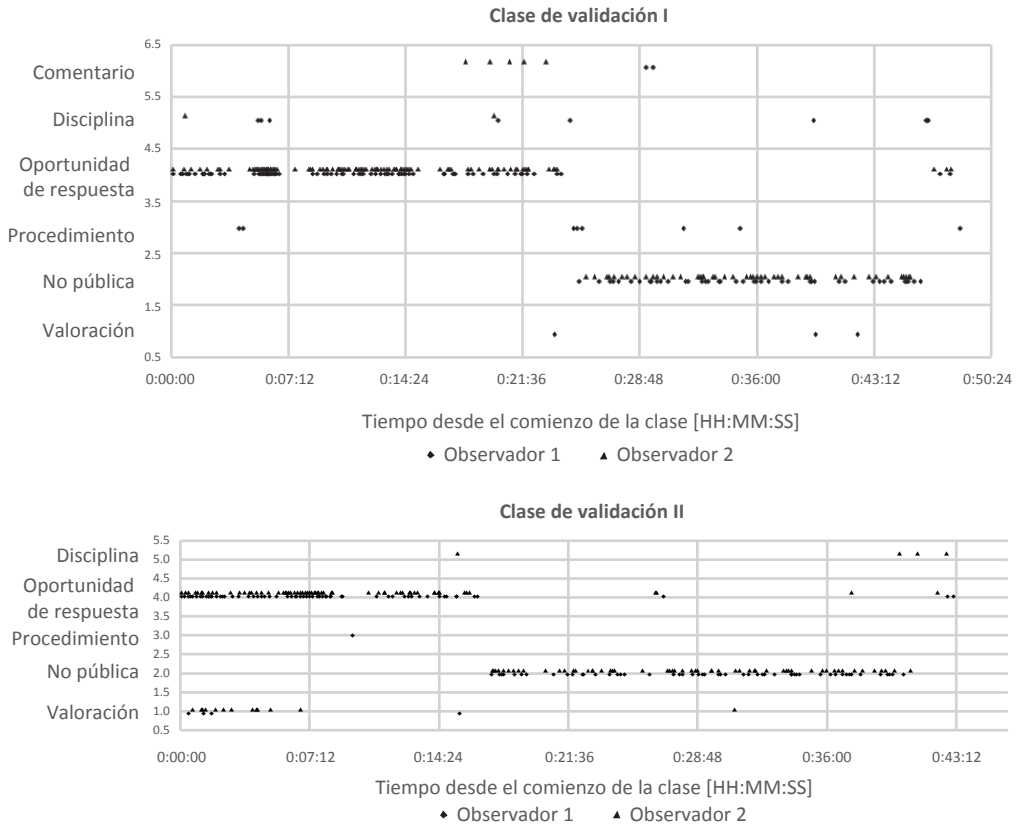
incluyó el aprendizaje y el análisis de los distintos tipos de interacción y el procedimiento para utilizar la aplicación de observación. A continuación, a efectos de la validación, el primer y el tercer autor observaron algunas clases, durante las cuales —y después de las mismas— examinaron la codificación. Discutieron las codificaciones divergentes hasta llegar a un acuerdo, alcanzando una concordancia total en la última observación de validación.

Debido al hecho de que los datos recogidos incluyen marcas de tiempo del instante en que se pulsa el botón en la aplicación de observación, y teniendo en cuenta las posibles diferencias en las marcas de tiempo cuando dos personas observan el mismo aula (incluidas las diferencias potenciales en el tiempo de respuesta cuando se produce la interacción, el tiempo

de procesamiento para decodificar la interacción y el tiempo de respuesta hasta que se pulsa el botón), en nuestra opinión resulta bastante difícil llevar a cabo pruebas estándar de fiabilidad interevaluador.

Para poder comparar los resultados de dos observadores, los pusimos juntos en una línea de tiempo y, de este modo, fuimos capaces de ver la similitud entre ellos. Véase el Gráfico 2.

GRÁFICO 2. Alineamiento de los datos recogidos por dos observadores para dos clases.



Fuente: Elaboración propia.

3.5. Conjunto de datos y preprocesamiento

Durante las observaciones, la configuración de aprendizaje «trabajo en grupo» se utilizó durante períodos muy breves, y en ellos se produjeron muy pocas interacciones. En consecuencia, las interacciones correspondientes se eliminaron de los datos, por lo que nos quedamos con 5029 interacciones en cuatro configuraciones

de aprendizaje: debate de toda la clase, trabajo por parejas y trabajo individual (debe recordarse que las interacciones se codificaron en seis categorías: oportunidad de respuesta, comentario del alumno, valoración, disciplina, no públicas y de procedimiento). Los datos se agregaron al nivel de configuración de aprendizaje para responder a las cuestiones de investigación.

4. Resultados

4.1. Información recopilatoria

En conjunto, analizamos 5029 interacciones profesor-alumno, de las cuales 1976 (39.3 %) se registraron para RI, 1744 (34.7 %) para AM y 1309 (26.0 %) para AR. Hubo un total de 3647 (72.5 %) interacciones durante las sesiones en las que no se utilizaron computadoras, y 1382 (27.5 %) durante las sesiones 1:1. De estas interacciones, el mayor número correspondió a las oportunidades de respuesta (1570 de 5029, 31.2 %), seguidas de las interacciones de procedimiento (1412, 28.1 %), las no públicas (982, 19.5 %), las de valoración (497, 9.9 %), las de disciplina (323, 6.4 %) y, por último, con el número más bajo, las de comentarios (243, 4.8 %).

4.2. Configuraciones de aprendizaje en clases tradicionales vs. 1:1

Queríamos saber si las profesoras utilizaban las mismas configuraciones de aprendizaje con computadoras que sin ellas. El número de clases observadas fue diferente para cada profesora, por lo que, para poder compararlas, promediamos el tiempo dedicado a cada configuración de aprendizaje (en segundos) en todas las clases observadas para cada profesora. Las tres profesoras cambiaron la manera de manejar la clase cuando se utilizaban computadoras; esto resulta evidente al examinar la distribución del tiempo para las distintas configuraciones de aprendizaje en las clases tradicionales y en las clases 1:1. Utilizando la prueba exacta de Fisher para comparar estas distribuciones (no podíamos utilizar el análisis de χ^2 por

que algunas de las celdas tienen un valor 0), para cada profesora por separado obtenemos resultados significativos, con $p < 0,0001$.

No obstante, el cambio en la manera de manejar las configuraciones de aprendizaje en las clases tradicionales y 1:1 fue diferente para cada profesora. Tanto RI como AR redujeron el tiempo para los debates de toda la clase, pero difirieron en el modo de tratar el trabajo individual. AR aumentó el tiempo dedicado al trabajo individual y, al igual que en sus clases tradicionales, no utilizó el trabajo en parejas; por su parte, RI sustituyó el trabajo individual por trabajo en parejas, lo mismo que AM. Debe observarse que AM apenas cambió su proporción de debate de toda la clase; en la clase tradicional, tenía una menor proporción de debates que RI y mucho menor que AR.

Como dato interesante, las profesoras mostraron un comportamiento similar en las clases 1:1 en dos aspectos: en primer lugar, dedicaron una cantidad de tiempo similar a la configuración de debate de toda la clase; el rango de tiempo fue de 56.9 % a 61.2 %, mucho menor que el rango de 60.1 % a 88.4 % para las clases tradicionales; esto significa que, en conjunto, las profesoras adoptaron una enseñanza más centrada en el alumno en las clases 1:1 que en las clases tradicionales, excepto una profesora, que se mantuvo prácticamente igual. En segundo lugar, dedicaron una cantidad de tiempo bastante parecida al uso de las tabletas, entre el 69.2 % y el 80 % del tiempo de clase.

TABLA 2. Tiempo medio [s] dedicado a cada configuración de aprendizaje en clases tradicionales y 1:1 para cada profesora.

Configuración	AM		RI		AR	
	Tradicional	1:1	Tradicional	1:1	Tradicional	1:1
Debate de toda la clase	1704 (60.1 %)	1633 (61.2 %)	1872 (65.5 %)	1661 (56.9 %)	2201 (88.4 %)	1388 (57.6 %)
Trabajo individual	521 (18.7 %)	0 (0 %)	815 (28.8 %)	0 (0 %)	258 (10.4 %)	993 (42.0 %)
Trabajo por parejas	537 (19.0 %)	930 (31.7 %)	0 (0 %)	1224 (41.3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Significación de prueba exacta de Fisher (bilateral, df = 2)	p<0.0001		p<0.0001		p<0.0001 [†]	
Duración media en % de actividades 1:1 en clases 1:1	69.2 %		71.2 %		80 %	

Nota: Los valores cero se han omitido de este cálculo (df = 1); las cifras entre paréntesis muestran la proporción de tiempo para cada configuración de aprendizaje.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Tipos de interacción por configuración de aprendizaje en clases tradicionales vs. 1:1

Lo siguiente que nos preguntamos fue si ocurrían los mismos tipos de interacciones profesor-alumno cuando se utilizaban tabletas y cuando no. Analizamos la incidencia de las interacciones en cada una de las configuraciones de aprendizaje y para cada profesora por separado. En primer lugar, agrupamos las interacciones en sesiones. Una sesión corresponde a una determinada configuración de aprendizaje en una clase. Excepto en casos marginales que pueden desestimarse, durante todo el tiempo que dura una sesión las tabletas se utilizan o no se utilizan. Una clase en la que hay tabletas en uso puede incluir algunas sesiones sin uso de tabletas; estas sesiones se consideran tradicionales. Las sesiones varían en duración y frecuencia.

Para comparar las interacciones en las configuraciones de aprendizaje de las tres profesoras, calculamos dos valores: *densidad* y *proporción*.

La *densidad* es el número total de interacciones dividido por la duración total de todas las sesiones. Por ejemplo, AM tuvo un total de 127 interacciones de valoración en todas las sesiones tradicionales de debate de toda la clase (véase la Tabla 3). En total, estas sesiones tuvieron una duración de 6674 segundos, lo que da como resultado una densidad de 0.019 (los números se redondean a tres decimales). Es decir, en cada segundo se produjeron 0.019 interacciones de valoración. Debe observarse que, en las sesiones 1:1, la densidad de interacciones de valoración fue la misma. En conjunto, la densidad total de las sesiones tradicionales de debate de toda la clase de AM fue de 0.120, mientras

que la densidad total de sus sesiones 1:1 de debate de toda la clase fue de 0.103. En otras palabras, sus sesiones tradicionales de debate de toda la clase fueron (en total) más ricas en interacciones que sus sesiones 1:1.

Proporción es el número total de interacciones de un tipo particular dividido

por el número total de interacciones durante todas las sesiones. Considerando de nuevo las sesiones tradicionales de debate de toda la clase, obtuvimos una proporción de $(127 \times 100) / (127 + 23 + 22 + 43 + 133 + 456) = 15.8 \%$. Para esta profesora, la proporción de interacciones de valoración en sesiones 1:1 fue del 20 % (4 de 20).

TABLA 3. Tipos de interacción (conteo, porcentaje, densidad) en debates de toda la clase para sesiones tradicionales y 1:1 para cada profesora por separado.

Interacción	AM		RI		AR	
	Tradicional	1:1	Tradicional	1:1	Tradicional	1:1
Valoración	127 15.8 % 0.019	4 20.0 % 0.019	71 9.9 % 0.011	51 22.5 % 0.027	109 14.4 % 0.014	20 10.9 % 0.010
Comentario	23 2.9 % 0.003	0 0 % 0	64 8.9 % 0.010	6 2.6 % 0.003	44 5.8 % 0.006	9 4.9 % 0.005
Disciplina	22 2.7 % 0.003	0 0 % 0	51 7.1 % 0.008	13 5.7 % 0.007	60 7.9 % 0.008	20 10.9 % 0.010
No pública	43 5.4 % 0.006	2 10.0 % 0.009	34 4.7 % 0.005	5 2.2 % 0.003	32 4.2 % 0.004	2 1.1 % 0.001
Procedimiento	133 16.3 % 0.020	7 35.0 % 0.033	157 21.9 % 0.024	48 21.1 % 0.029	154 20.3 % 0.020	33 18 % 0.017
Oportunidad de respuesta	456 56.9 % 0.068	7 35.0 % 0.033	339 47.3 % 0.052	104 45.8 % 0.054	359 47.4 % 0.047	99 54.1 % 0.05
Conteo total	804	20	716	227	758	183
Duración total [s]	6674	214	6528	1918	7588	1965
Densidad total	0.120	0.103	0.110	0.118	0.100	0.093

Fuente: Elaboración propia.

Si nos fijamos en la última línea de la Tabla 3 (densidad total), observamos que AR interaccionó algo menos con sus alumnos que las otras dos profesoras. En la configuración de aprendizaje de debate de toda la clase, salvo en dos excepciones, todas las profesoras utilizaron en mayor medida las interacciones de oportunidad de respuesta,

seguidas de las interacciones de procedimiento y de valoración, tanto con computadoras como sin ellas; las densidades para estos tres tipos se muestran en la Tabla 3. Las dos excepciones fueron AM y RI en sesiones 1:1: AM tuvo más interacciones de procedimiento que de oportunidad de respuesta, y RI tuvo más interacciones de

valoración que de procedimiento. Aunque AR utilizó menos interacciones de oportunidad de respuesta que RI en sesiones 1:1 (densidad 0.05 y 0.054, respectivamente), si observamos las interacciones en proporción, vemos que empleó este tipo en mayor medida (las proporciones son 54.1 % y 45.1 %, respectivamente). Proporcionalmente, también utilizó las interacciones de disciplina en mayor medida.

Al realizar comparaciones intrasujeto (para cada profesora por separado), identificamos algunas diferencias interesantes entre los dos entornos de aprendizaje (con y sin computadoras). Sin embargo, debido al reducido tamaño de la muestra (solo tenemos 6 tipos de interacción), es complicado realizar un análisis estadístico para comprobar el alcance y significación de estas diferencias; se suele recomendar un tamaño de muestra mínimo de diez elementos (Kirk, 2007). Por lo tanto, solo incluimos una descripción de estas diferencias.

Cuando comparamos clases tradiciones y 1:1, no observamos ninguna tendencia común a las tres profesoras. Para cada tipo de interacción, la densidad y la proporción cambiaron de modo diferente de una profesora a otra. La densidad total disminuyó

ligeramente para AM y AR y aumentó para RI cuando se utilizaron computadoras.

En la configuración de aprendizaje de trabajo individual (Tabla 4), vemos que AR interaccionó más con sus alumnos que las otras dos profesoras, lo contrario que en la configuración de aprendizaje de debate de toda la clase presentada previamente. Salvo por una excepción, todas las profesoras utilizaron las interacciones de procedimiento en mayor medida, seguidas de las no públicas, tanto con computadoras como sin ellas. Las densidades para estos dos tipos de interacción se muestran en la Tabla 4. La excepción fue AM con computadoras: ella utilizó más las interacciones no públicas que las de procedimiento. Aunque AR utilizó más interacciones de procedimiento que RI en las sesiones tradicionales (densidad de 0.055 y 0.052, respectivamente), en proporción empleó menos este tipo (36.5 % y 44.2 %, respectivamente). También utilizó las interacciones de disciplina en mayor medida. Cuando comparamos sesiones tradicionales y 1:1, observamos más interacciones de procedimiento en sesiones 1:1 y menos interacciones de oportunidad de respuesta y de valoración que en las sesiones tradicionales. La densidad total aumentó ligeramente para AM y disminuyó para RI en las sesiones 1:1.

TABLA 4. Tipos de interacción (conteo, porcentaje, densidad) en trabajo individual para sesiones tradicionales y 1:1 para cada profesora por separado.

Interacción	AM		RI		AR	
	Tradicional	1:1	Tradicional	1:1	Tradicional	1:1
Valoración	40	1	21	-	3	3
	12.0 %	0.5 %	4 %	-	2.4 %	1.3 %
	0.011	0.001	0.005	-	0.004	0.002
Comentario	13	0	6	-	10	27
	3.9 %	0 %	1.2 %	-	7.9 %	11.3 %
	0.004	0	0.001	-	0.013	0.014

Disciplina	17 5.1 % 0.005	4 2 % 0.002	55 10.6 % 0.013	-	19 15.1 % 0.025	36 15 % 0.018
No pública	105 31.6 % 0.028	105 52.5 % 0.057	176 33.8 % 0.040	-	33 26.2 % 0.043	46 19.2 % 0.023
Procedimiento	100 30.1 % 0.027	71 34 % 0.037	230 44.2 % 0.052	-	43 36.5 % 0.055	121 49.2 % 0.061
Oportunidad de respuesta	57 17.2 % 0.015	23 11 % 0.012	32 6.2 % 0.007	-	15 11.9 % 0.019	10 4.2 % 0.005
Conteo total	332	204	520	-	126	240
Duración total [s]	3711	1829	4382	-	775	1986
Densidad total	0.089	0.109	0.119	-	0.163	0.121

Fuente: Elaboración propia.

En la configuración de aprendizaje de trabajo por parejas (Tabla 5), observamos que, en conjunto, RI interaccionó más con sus alumnos que AM. Las interacciones de procedimiento y no públicas fueron las más comunes, igual que en la configuración de aprendizaje de trabajo individual, tanto en sesiones tradicionales como uno a uno. Las densidades para estos dos tipos de interacción se muestran en la Tabla 5. Aunque AM utilizó más interacciones de procedimiento con computadoras que sin

ellas (densidad de 0.035 y 0.030, respectivamente), en proporción empleó este tipo un poco menos (proporciones de 30 % y 31.1 %, respectivamente). Debe tenerse en cuenta que nuestra comparación de sesiones tradicionales y 1:1 solo incluye a AM. En este caso, observamos una disminución en las interacciones no públicas y un aumento en las interacciones de valoración y de comentario en las sesiones 1:1. La densidad total aumentó ligeramente en las sesiones 1:1.

Tabla 5. Tipos de interacción (conteo, porcentaje, densidad) en trabajo por parejas para sesiones tradicionales y 1:1 para cada profesora por separado.

Interacción	AM		RI		AR	
	Tradicional	1:1	Tradicional	1:1	Tradicional	1:1
Valoración	10 6.1 % 0.006	25 11.5 % 0.014	-	10 3.4 % 0.004	-	-
Comentario	4 2.4 % 0.002	26 12.0 % 0.014	-	11 3.7 % 0.005	-	-
Disciplina	10 6.1 % 0.006	6 2.8 % 0.003	-	2 0.7 % 0.001	-	-
No pública	69 42.1 % 0.040	61 28.1 % 0.033	-	131 44.4 % 0.054	-	-

Procedimiento	51 31.1 % 0.030	65 30 % 0.035	-	129 43.7 % 0.053	-	-
Oportunidad de respuesta	20 12.2 % 0.012	34 15.7 % 0.018	-	12 4.1 % 0.005	-	-
Conteo total	164	217	-	295		
Duración total [s]	1726	1849	-	2429	-	-
Densidad total	0.095	0.117	-	0.121	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Debe tenerse en cuenta que, aunque la densidad y la proporción miden dos aspectos diferentes de las interacciones, están perfectamente correlacionadas entre sí porque ambas representan transformaciones lineales del número de interacciones.

4.4. Predicción de la configuración de aprendizaje

Ya hemos visto algunas tendencias interesantes. En particular, las interacciones de oportunidad de respuesta ocurren más en la configuración de aprendizaje de debate de toda la clase, mientras que las interacciones no públicas ocurren más en las configuraciones de aprendizaje de trabajo individual y por parejas, tanto en sesiones tradicionales como 1:1. Para entender mejor la dependencia entre las configuraciones de aprendizaje y los distintos tipos de interacciones que se producen en ellas, nos planteamos la siguiente cuestión: ¿es posible predecir las configuraciones de aprendizaje sobre la base de los tipos de interacción que contienen?

Para responder a esta pregunta, creamos un conjunto de datos con las 48 sesiones grabadas en esta investigación. En conjunto, hubo veintiocho sesiones de de-

bate de toda la clase (58.3 %), trece sesiones de trabajo individual (27.1 %) y siete sesiones de trabajo por parejas (14.6 %).

Una sesión tiene las siguientes características: la proporción de cada tipo de interacción, la profesora [AM/AR/RI] y el uso de computadora [Sí/No]. No consideramos la densidad por dos motivos: en primer lugar, tal como hemos mencionado con anterioridad, la densidad y la proporción están perfectamente correlacionadas; en segundo lugar, la proporción mide mejor qué tipos de interacción ocurren juntos en la misma sesión.

Utilizamos un árbol de decisión para construir un modelo predictivo, principalmente por su sencillez y fácil interpretación (Jan, Kamber y Pei, 2001; Quinlan, 1986); los árboles de decisión se han utilizado ampliamente en la investigación educativa en los últimos años (Baker y Siemens, 2014; Peña-Ayala, 2014; Romero y Ventura, 2010). La construcción de un árbol de decisión implica un proceso repetitivo que divide los datos en subgrupos —cada vez basándose en una única variable— y asigna (predice) una etiqueta a cada subgrupo, de tal manera que se maximiza una función objetivo. En cada paso, el algoritmo prueba las

distintas divisiones utilizando el conjunto de variables (la misma variable puede utilizarse en distintos pasos del proceso) y selecciona la división que ofrece los mejores valores (respecto de la función objetivo). El proceso continúa hasta que no se obtiene ninguna mejora. El resultado fue una representación visual de tipo grafo, fácil de entender, de las divisiones y las predicciones. Este análisis nos ayudó a comprender qué características eran importantes para la predicción de una manera fácil de interpretar.

En nuestro caso, los datos consistían en las sesiones, la etiqueta que debía predecirse era la configuración de aprendizaje (debate de toda la clase, trabajo individual, trabajo por parejas), y las otras características eran los descriptores de las sesiones antes mencionados. La calidad de la predicción se probó utilizando kappa, y se validó mediante la validación cruzada dejando uno fuera («leave-one-out cross-validation» o LOOCV); utilizamos RapidMiner Studio™, versión 8.2.

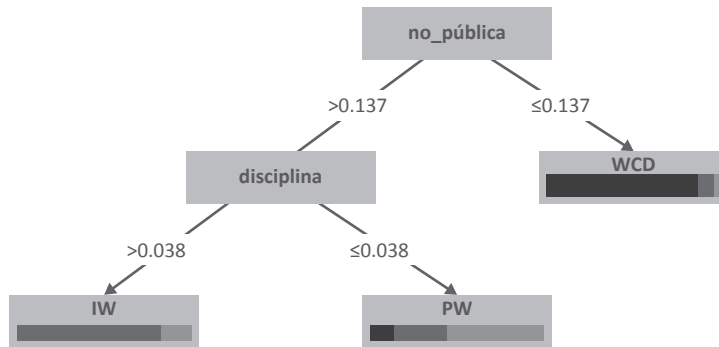
Probamos varios criterios para los nodos de división en el árbol. El árbol con el mejor rendimiento se obtuvo con Gain Ratio (un criterio basado en la entropía que tiene en cuenta la entropía de los datos para cada característica) y presentó un kappa de 0.54. Para aumentar la legibilidad del resultado, establecimos el tamaño de hoja mínimo en cuatro, reduciendo el tamaño total del árbol y manteniendo las partes más informativas de los nodos superiores. En este caso, el mejor rendimiento se obtuvo utilizando el Índice Gini (una medida de la desigualdad en la distribución de las etiquetas entre las caracterís-

ticas) como criterio de división. El modelo resultante se presenta en el Gráfico 2 y tiene un kappa de 0.46.

La configuración de aprendizaje mejor predicha fue el debate de toda la clase; esto no nos sorprendió, porque era también la más representada en el conjunto de datos. El árbol indica que una baja proporción de interacciones no públicas ($\leq 13.7\%$) es un buen predictor de esta configuración, lo cual resulta razonable: en la configuración de debate de toda la clase, el profesor no interacciona mucho en privado con los alumnos. Esta rama del árbol (desde la raíz hasta la hoja derecha) contiene treinta sesiones (el 62.5% de las cuarenta y ocho sesiones), de las cuales veintisiete son realmente debate de toda la clase, dos son trabajo individual, y uno es trabajo por parejas. Si la tasa de interacciones no públicas es superior a 13.7% , el árbol se sigue dividiendo según la tasa de las interacciones de disciplina. Si esta tasa es superior a 3.8% , se predice trabajo individual para once sesiones, de las cuales nueve son realmente trabajo individual y dos trabajo por parejas. A su vez, para las siete sesiones restantes se predice trabajo por parejas, de las cuales cuatro son realmente trabajo por parejas, dos trabajo individual y una debate de toda la clase.

Resulta interesante que todos los árboles obtenidos con otros criterios dividen la raíz con la misma característica —interacciones no públicas— y con el mismo valor de división. Los árboles difieren en la manera de predecir las otras configuraciones de aprendizaje. También es interesante que ninguno de los árboles utiliza la característica de uso de computadoras para dividir un nodo.

GRÁFICO 3. Mejor modelo de árbol de decisión para la configuración de aprendizaje (WCD = debate de toda la clase; IW = trabajo individual; PW = trabajo por parejas) con un tamaño de hoja mínimo de cuatro.



Fuente: Elaboración propia.

5. Discusión

Hemos estudiado las interacciones profesor-alumno durante las clases en un colegio de educación primaria para explorar los efectos de la implementación de programas de computación 1:1 en estas interacciones. En contraste con la mayoría de los trabajos existentes, que adoptan un análisis cualitativo (e.g., Harper, 2018), utilizamos observaciones de campo cuantitativas (QFO) para obtener un análisis de alta resolución a nivel de clase; también registramos factores contextuales (como en Malmberg, 2018), como la configuración de aprendizaje o la ubicación del profesor, si bien esta última no se utiliza en el presente trabajo.

Nuestros resultados muestran que cada una de las tres profesoras que estudiamos tenía su propia manera de manejar las clases tradicionales. Esto no resulta sorprendente, pues la enseñanza es un proceso altamente individualizado y fuertemente influenciado por las experien-

cias, actitudes y convicciones personales. Nuestros resultados también muestran que cada profesora adaptó su estilo de un modo diferente cuando se utilizaron computadoras. No obstante, la proporción de debate de toda la clase de las tres profesoras resulta más parecida en las clases 1:1, ya que las profesoras con una alta proporción de debate de toda la clase en las clases tradicionales redujeron esta proporción y aumentaron el trabajo individual o por parejas en las clases 1:1. Podemos interpretar este cambio como la adopción de un enfoque más centrado en el alumno, en el que los alumnos trabajan a su propio ritmo e interactúan en privado con el profesor según sus propias necesidades (como resulta evidente por la proporción un tanto baja de interacciones no públicas durante el entorno de debate de toda la clase).

Los resultados muestran asimismo que algunos tipos de interacciones son más comunes en determinadas configuraciones de aprendizaje, con independencia

del uso de computadoras. Mientras que las interacciones de procedimiento fueron bastante importantes en las tres configuraciones, las interacciones de oportunidad de respuesta y de valoración fueron más comunes en la configuración de debate de toda la clase, y las interacciones no públicas fueron más comunes en las configuraciones de trabajo individual y por parejas. El árbol de decisión confirma este análisis e indica que una baja tasa de interacciones no públicas es un buen predictor de la configuración de aprendizaje de debate de toda la clase. En consecuencia, observamos que las interacciones profesor-alumno dependen más de la pedagogía que de la tecnología aplicada, en sintonía con investigaciones anteriores (Beutel, 2010; Semenova, Kazantseva, Sergeyeva, Raklova y Baiseitova, 2016). En este sentido, la pedagogía modera las asociaciones entre la adaptación de la tecnología y las interacciones durante las clases.

Es importante destacar que esta conclusión puede no resultar evidente a primera vista. Tanto la armonización del comportamiento de las tres profesoras en las clases 1:1 respecto al tiempo dedicado a debate de toda la clase como la similitud en el tiempo total de uso de computadoras son indicadores de que la pedagogía viene regulada por la tecnología. Se ha demostrado en repetidas ocasiones que la mera presencia de tecnología afecta al comportamiento del profesor en el aula (Burke, Schuck, Aubusson, Kearney y Frischknecht, 2018; Higgins y BuShell, 2018). En ese sentido, las profesoras participantes en este estudio no son ninguna excepción. No obstante, cuando analizamos los datos

en mayor detalle, concluimos que es la pedagogía, y no la tecnología, la que determina las interacciones en el aula. Es decir, las profesoras cambiaron sus estrategias docentes debido a la tecnología utilizada, pero es la estrategia docente —y no la tecnología— la que afectó en mayor medida a las interacciones entre profesor y alumno. Este conocimiento es importante, pues destaca la importancia de la pedagogía en el discurso pedagógico-tecnológico; los objetivos educativos deben definirse con precisión antes de tener en cuenta las novedades tecnológicas (Cardno, Tolmie y Howse, 2017; Spires et al., 2011). Aunque la pedagogía y la tecnología se definen con frecuencia como factores de igual importancia en la integración de las tecnologías de la información y la comunicación en el aprendizaje (Lin, Wang y Lin, 2012), en la práctica el enfoque pedagógico se echa en falta en ocasiones en este discurso (Blau, Peled y Nusan, 2016; Lin et al., 2012).

Nuestros resultados deben servir para que los profesores y los profesionales educativos sean conscientes de que las interacciones profesor-alumno en el aula están relacionadas sobre todo con el entorno de aprendizaje, es decir, con la pedagogía utilizada. Si esta cambia, el profesor cambia la manera de interactuar con sus alumnos. El uso de tecnología puede facilitar el cambio hacia un enfoque más centrado en el alumno, ya que dos profesoras dieron este paso por su cuenta. No obstante, este cambio es, a menudo, el resultado de las convicciones del profesor respecto de la enseñanza con tecnología y una consecuencia de la tecnología en sí (Ertmer, 2005; Koh y Frick, 2009; Tabach, 2013).

Este estudio presenta, no obstante, algunas limitaciones. La primera es la reducida población bajo análisis, que dificulta la generalización de las conclusiones; por ello, es preciso realizar más investigaciones utilizando una metodología similar. Otra limitación se debe a que nuestro estudio se centró en una única asignatura (Inglés) y en una única escuela, que, como cualquier otra, se caracteriza por una cultura educativa y un uso de la tecnología específicos; así, deberían realizarse más observaciones en otras asignaturas, en otras escuelas y en otros países. Además, nuestros datos no codifican la actividad de los alumnos durante la clase, un factor que puede afectar a las interacciones profesor-alumno; por ello, los estudios futuros deberían recoger información sobre las actividades en el aula. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el registro de información adicional, como las actividades en el aula, puede requerir algunos cambios metodológicos importantes, ya que un único observador situado al final de la clase puede tener dificultades para ver lo que cada alumno hace en un momento determinado. Otra limitación radica en que no se estudió el rendimiento de los alumnos: ¿rinden mejor, igual o peor tras la adopción de las clases 1:1? Por otra parte, se requerirían estudios adicionales para comprobar si el cambio de las dos profesoras hacia un enfoque más centrado en el usuario se mantiene en el tiempo.

A pesar de estas limitaciones, este estudio sugiere dos conclusiones importantes: en primer lugar, el uso de computadoras facilita un cambio hacia un enfoque pedagógico, más centrado en el alumno, en

consonancia con los hallazgos de otros investigadores (Dawson et al., 2008; Fleischer, 2012; Islam y Grönlund, 2016; Oliver y Corn, 2008; Penuel, 2006; Varier et al., 2017; Zheng et al., 2016); en segundo lugar, algunos tipos de interacción entre profesor y alumno están vinculados a un determinado entorno de aprendizaje, con independencia del uso de computadoras. Creemos que los conocimientos obtenidos en este estudio constituyen una contribución importante al estudio de las interacciones profesor-alumno tanto a nivel teórico como práctico.

Nota

¹ La aplicación se subió a Google Play Store y estaba disponible mediante descarga gratuita. Sin embargo, en la actualidad no está disponible debido a problemas técnicos.

Referencias bibliográficas

- Allen, J., Gregory, A., Mikami, A., Lun, J., Hamre, B. y Pianta, R. (2013). Observations of effective teacher-student interactions in secondary school classrooms: Predicting student achievement with the classroom assessment scoring system-Secondary. *School Psychology Review*, 42 (1), 76-98.
- Baker, R. y Siemens, G. (2014). Educational data mining and learning analytics. En R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 253-272). Cambridge, UK: Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.016>
- Banerjee, M., Xu, Z., Jiang, L. y Waxman, H. (2017). A Systematic Review of Factors Influencing Technology Use by Pre-service and Novice Teachers. En *Society for Information Technology y Teacher Education International Conference* (pp. 89-94). Austin, TX: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Recuperado de <https://www.learnntechlib.org/primary/p/177279/> (Consultado el 09-07-2019).

- Bethel, E. C. (2014). *A systematic review of one-to-one access to laptop computing in K-12 Classrooms: An investigation of factors that influence program impact* (Tesis doctoral). Concordia University, Montreal, Canadá. Recuperado de https://spectrum.library.concordia.ca/979773/1/Bethel_PhD_S2015.pdf (Consultado el 09-07-2019).
- Beutel, D. (2010). The nature of pedagogic teacher-student interactions: A phenomenographic study. *The Australian Educational Researcher*, 37 (2), 77-91. doi: <https://doi.org/10.1007/BF03216923>
- Birmingham, P., Davies, C. y Greiffenhagen, C. (2002). Turn to face the bard: Making sense of three-way interactions between teacher, pupils and technology in the classroom. *Education, Communication y Information*, 2 (2-3), 139-161. doi: <https://doi.org/10.1080/1463631021000025330>
- Blau, I., Peled, Y. y Nusan, A. (2016). Technological, pedagogical and content knowledge in one-to-one classroom: teachers developing «digital wisdom». *Interactive Learning Environments*, 24 (6), 1215-1230. doi: <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.978792>
- Brown, C. P., Englehardt, J. y Mathers, H. (2016). Examining preservice teachers' conceptual and practical understandings of adopting iPads into their teaching of young children. *Teaching and Teacher Education*, 60, 179-190. doi: <https://doi.org/10.1016/J.TATE.2016.08.018>
- Brownlee, J., Purdie, N. y Boulton-Lewis, G. (2001). Changing Epistemological Beliefs in Pre-service Teacher Education Students. *Teaching in Higher Education*, 6 (2), 247-268. doi: <https://doi.org/10.1080/13562510120045221>
- Buriel, R. (1983). Teacher-student interactions and their relationship to student achievement: A comparison of Mexican-American and Anglo-American children. *Journal of Educational Psychology*, 75 (6), 889-897. doi: <https://doi.org/10.1037/0022-0663.75.6.889>
- Burke, P. F., Schuck, S., Aubusson, P., Kearney, M. y Frischknecht, B. (2018). Exploring teacher pedagogy, stages of concern and accessibility as determinants of technology adoption. *Technology, Pedagogy and Education*, 27 (2), 149-163. doi: <https://doi.org/10.1080/1475939X.2017.1387602>
- Bustamante, C. y Moeller, A. J. (2013). Exploring the Unique Case of a Professional Development Program on Web 2.0 Technologies for Teachers of German. *CALICO Journal*, 30 (1), 82-104. doi: <https://doi.org/10.11139/cj.30.1.82-104>
- Cameron, D. L. (2014). An examination of teacher-student interactions in inclusive classrooms: teacher interviews and classroom observations. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 14 (4), 264-273. doi: <https://doi.org/10.1111/1471-3802.12021>
- Cardno, C., Tolmie, E. y Howse, J. (2017). New spaces - New pedagogies: Implementing personalised learning in primary school innovative learning environments. *Journal of Educational Leadership, Policy and Practice*, 32 (1), 111-124.
- Central Bureau of Statistics (2017). *Characterization and classification of geographical units by the socio-economic level of the population 2013 (report no. 1694)*. Jerusalén: Central Bureau of Statistics. Recuperado de <https://www.cbs.gov.il/en/publications/Pages/2017/Characterization-and-Classification-of-Geographical-Units-by-the-Socio-Economic-Level-of-the-Population-2013.aspx> (Consultado el 09-07-2019).
- Chen, W. y Looi, C.-K. (2011). Active classroom participation in a Group Scribbles primary science classroom. *British Journal of Educational Technology*, 42 (4), 676-686. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01082.x>
- Chiu, C. F. y Lee, G. C. (2009). A video lecture and lab-based approach for learning of image processing concepts. *Computers and Education*, 52 (2), 313-323. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.09.003>
- Dawson, K., Cavanaugh, C. y Ritzhaupt, A. D. (2008). Florida's EETT leveraging laptops initiative and its impact on teaching practices. *Journal of Research on Technology in Education*, 41 (2), 143-159. doi: <https://doi.org/10.1080/015391523.2008.10782526>
- De Melo, G., Machado, A. y Miranda, A. (2017). El impacto en el aprendizaje del programa Una Laptop por Niño. La evidencia de Uruguay.

- Trimestre Económico*, 84 (334), 383-409. doi: <https://doi.org/10.20430/ete.v84i334.305>
- DeFalco, J. A., Rowe, J. P., Paquette, L., Georgoulas-Sherry, V., Brawner, K., Mott, B. W., ... Lester, J. C. (2018). Detecting and addressing frustration in a serious game for military training. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28 (2), 152-193. doi: <https://doi.org/10.1007/s40593-017-0152-1>
- Dragon T., Arroyo I., Woolf B. P., Burleson W., el Kaliouby R. y Eydgahi H. (2008). Viewing Student Affect and Learning through Classroom Observation and Physical Sensors. En B. P. Woolf, E. Aimeur, R. Nkambou y S. Lajoie (Eds.), *ITS 2008: Intelligent Tutoring Systems* (pp. 29-39). Berlin: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-69132-7_8
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H. y Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75 (2), 213-234. doi: <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9254-5>
- Dündar, H. y Akçayir, M. (2014). Implementing tablet PCs in schools: Students' attitudes and opinions. *Computers in Human Behavior*, 32, 40-46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.11.020>
- Ertmer, P. A. (2005). Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration? *Educational Technology Research and Development*, 53 (4), 25-39. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02504683>
- Fleischer, H. (2012). What is our current understanding of one-to-one computer projects: A systematic narrative research review. *Educational Research Review*, 7 (2), 107-122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2011.11.004>
- Fleming, S. G. (2016). *Gender behavior types, teacher-student interactions, and mathematics performance: An empirical analysis of Texas high school students* (Tesis doctoral no publicada). University of Texas Arlington (Arlington, TX). Recuperado de <https://rc.library.uta.edu/uta-ir/handle/10106/26379> (Consultado el 10-07-2019).
- Flieller, A., Jarlégan, A. y Tazouti, Y. (2016). Who benefits from dyadic teacher-student interactions in whole-class settings? *The Journal of Educational Research*, 109 (3), 311-324. doi: <https://doi.org/10.1080/00220671.2014.950718>
- García, G. y Montanero, M. (2004). Verbal communication and joint activity in educational support. A comparative analysis among expert. **revista española de pedagogía**, 62 (229), 541-560.
- Gavilán Bouzas, P. (2009). Aprendizaje cooperativo. Papel del conflicto sociocognitivo en el desarrollo intelectual. Consecuencias pedagógicas. **revista española de pedagogía**, 67 (242), 131-148.
- Geiger, V., Faragher, R. y Goos, M. (2010). Cas-enabled technologies as 'agents provocateurs' in teaching and learning mathematical modelling in secondary school classrooms. *Mathematics Education Research Journal*, 22 (2), 48-68. doi: <https://doi.org/10.1007/BF03217565>
- Gomez, K. y Lee, U.-S. (2015). Situated cognition and learning environments: implications for teachers on- and offline in the new digital media age. *Interactive Learning Environments*, 23 (5), 634-652. doi: <https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1064447>
- Good, T. L. y Brophy, J. E. (1970). Teacher-child dyadic interactions: A new method of classroom observation. *Journal of School Psychology*, 8 (2), 131-138. doi: [https://doi.org/10.1016/0022-4405\(70\)90032-4](https://doi.org/10.1016/0022-4405(70)90032-4)
- Grönlund, Å., Wiklund, M. y Böö, R. (2018). No name, no game: Challenges to use of collaborative digital textbooks. *Education and Information Technologies*, 23 (3), 1359-1375. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9669-z>
- Gupta, A. y Fisher, D. (2011). Teacher-student interactions in a technology-supported science classroom environment in relation to selected learning outcomes: An Indian study. *MIER Journal of Educational Studies Trends y Practices*, 1 (1), 41-59. Recuperado de <http://www.mierjs.in/ojs/index.php/mjestp/article/viewFile/5/4> (Consultado el 09-07-2019).
- Ha, T. Y. (2008). *Technology-integrated mathematics education (TIME): A study of interactions between teachers and students in technology-integrated secondary mathematics classrooms* (Tesis Doctoral). University of Hawai'i at Mānoa, Honolulu, EE.UU. Recuperado de <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bits>

- tream/10125/20530/2/HAWN_AC1.H3_5101_r.pdf (Consultado el 09-07-2019).
- Hämäläinen, R. y De Wever, B. (2013). Vocational education approach: New TEL settings—new prospects for teachers' instructional activities? *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 8 (3), 271-291. doi: <https://doi.org/10.1007/s11412-013-9176-1>
- Han, J., Kamber, M. y Pei, J. (2011). *Data mining: Concepts and techniques*. Waltham, MA: Elsevier Science.
- Harper, B. (2018). Technology and teacher-student interactions: A review of empirical research. *Journal of Research on Technology in Education*, 50 (3), 214-225.
- Hart, L. E. (1989). Classroom processes, sex of student, and confidence in learning mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20 (3), 242-260.
- Hatakka, M., Andersson, A. y Grönlund, Å. (2013). Students' use of one to one laptops: A capability approach analysis. *Information Technology and People*, 26 (1), 94-112. doi: <https://doi.org/10.1108/09593841311307169>
- Hershkovitz, A. (2018). The student-teacher relationship in the one-to-one computing classroom. *Páginas de Educación*, 11 (1), 37-65.
- Hershkovitz, A. y Bransi, H. (2019). Teachers' perceptions of classroom environment in one-to-one computing lessons. *Revista de Educación*, 384, 147-173.
- Hershkovitz, A. y Karni, O. (2018). Borders of change: A holistic exploration of teaching in one-to-one computing programs. *Computers y Education*, 125, 429-443.
- Hershkovitz, A., Merceron, A. y Shamaly, A. (2015). Teacher-student classroom interactions: A computational approach. En *Proceedings of the 8th International Conference on Educational Data Mining* (pp. 558-559). Recuperado de http://www.educationaldatamining.org/EDM2015/proceedings/edm2015_proceedings.pdf (Consultado el 09-07-2019).
- Higgins, K. y BuShell, S. (2018). The effects on the student-teacher relationship in a one-to-one technology classroom. *Education and Information Technologies*, 23 (3), 1069-1089. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9648-4>
- Houen, S., Danby, S., Farrell, A. y Thorpe, K. (2016). 'I wonder what you know...' teachers designing requests for factual information. *Teaching and Teacher Education*, 59, 68-78. doi: <https://doi.org/10.1016/J.TATE.2016.02.002>
- Hu, W. (4 de mayo de 2007). Seeing no progress, some schools drop laptops. *The New York Times*. Recuperado de <http://www.nytimes.com/2007/05/04/education/04laptop.html> (Consultado el 09-07-2019).
- Hu, B. Y., Fan, X., Wu, Z., LoCasale-Crouch, J., Yang, N. y Zhang, J. (2017). Teacher-child interactions and children's cognitive and social skills in Chinese preschool classrooms. *Children and Youth Services Review*, 79, 78-86. doi: <https://doi.org/10.1016/J.CHILDYOUTH.2017.05.028>
- Islam, M. S. y Grönlund, Å. (2016). An international literature review of 1:1 computing in schools. *Journal of Educational Change*, 17 (2), 191-222. doi: <https://doi.org/10.1007/s10833-016-9271-y>
- Jääskelä, P., Häkkinen, P. y Rasku-Puttonen, H. (2017). Teacher beliefs regarding learning, pedagogy, and the use of technology in higher education. *Journal of Research on Technology in Education*, 49 (3-4), 198-211. doi: <https://doi.org/10.1080/15391523.2017.1343691>
- Jan, J., Kamber, M. y Pei, J. (2001). *Data mining: Concepts and techniques*. Waltham, MA: Elsevier.
- Jenni, R. y Mikko, V. (2013). Actual and potential pedagogical use of tablets in schools. *Human Technology*, 9 (2), 113-131. doi: <https://doi.org/10.17011/ht/urn.201312042736>
- Jones, M. G. y Vesilind, E. (1994). Changes in student teachers' interactions with pupils. *The Journal of Classroom Interaction*, 29 (1), 25-29.
- Kienhues, D., Bromme, R. y Stahl, E. (2008). Changing epistemological beliefs: The unexpected impact of a short-term intervention. *British Journal of Educational Psychology*, 78 (4), 545-565. doi: <https://doi.org/10.1348/000709907X268589>
- Kirk, R. E. (2007). *Statistics: An introduction*. Boston, MA: Wadsworth Publishing Company.

- Koh, J. H. L. y Frick, T. W. (2009). Instructor and student classroom interactions during technology skills instruction for facilitating preservice teachers' computer self-efficacy. *Journal of Educational Computing Research*, 40 (2), 21-228. doi: <https://doi.org/10.2190/EC.40.2.d>
- Kong, S. C. (2011). An evaluation study of the use of a cognitive tool in a one-to-one classroom for promoting classroom-based dialogic interaction. *Computers y Education*, 57 (3), 1851-1864. doi: <https://doi.org/10.1016/J.COMPE-DU.2011.04.008>
- Lee, J. K., Spires, H., Wiebe, E., Hollebrands, K. y Young, C. (2015). Portraits of One-To-One Learning Environments in a New Learning Ecology. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 10 (3), 78-101.
- Leeuwen, C. A. y Gabriel, M. A. (2007). Beginning to write with word processing: Integrating writing process and technology in a primary classroom. *The Reading Teacher*, 60 (5), 420-429. doi: <https://doi.org/10.1598/RT.60.5.2>
- Ley, K. y Gannon-Cook, R. (2014). Learner-valued interactions: Research into practice. *Quarterly Review of Distance Education*, 15 (1), 23-32.
- Li, W., Burton, J. K., Lockee, B. B. y Potter, K. R. (2015). *Development of a framework for guiding interaction design in distance learning* (Tesis doctoral). Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, EE.UU. Recuperado de https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/64400/Li_W_D_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Consultado el 09-07-2019).
- Lin, J. M.-C., Wang, P.-Y. y Lin, I.-C. (2012). Pedagogy * technology: A two-dimensional model for teachers' ICT integration. *British Journal of Educational Technology*, 43 (1), 97-108. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01159.x>
- Lowther, D. L., Inan, F. A., Ross, S. M. y Strahl, J. D. (2012). Do one-to-one initiatives bridge the way to 21st century knowledge and skills? *Journal of Educational Computing Research*, 46 (1), 1-30. Recuperado de <https://eric.ed.gov/?id=EJ965342> (Consultado el 09-07-2019).
- Luckner, A. E., & Pianta, R. C. (2011). Teacher-student interactions in fifth grade classrooms: Relations with children's peer behavior. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 32 (5), 257-266. doi: <https://doi.org/10.1016/J.APP-DEV.2011.02.010>
- Malmberg, L. (2018). Métodos cuantitativos para el registro de procesos y contextos en la investigación educativa | *Quantitative methods for capturing processes and contexts in educational research*. **revista española de pedagogía**, 76 (271), 449-462. doi: <https://doi.org/10.22550/REP76-3-2018-03>
- Mason, J. (2014). Interactions between teacher, student, software and mathematics: Getting a purchase on learning with technology. En A. Clark-Wilson, O. Robutti y N. Sinclair (Eds.), *The mathematics teacher in the digital era, volume 2* (pp. 11-40). Dordrecht: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1_2
- Matzen, N. J. y Edmunds, J. A. (2007). Technology as a Catalyst for Change. *Journal of Research on Technology in Education*, 39 (4), 417-430. doi: <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782490>
- Maxwell, A. L. (2015). *The impact of one-to-one laptop initiatives on K-12 math and science pedagogy and achievement: A literature review* (Tesis de maestría). The University of Texas at Austin, Austin, EE.UU. Recuperado de <https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/32278/MAXWELL-MASTERSREPORT-2015.pdf?sequence=1> (Consultado el 09-07-2019).
- Miller, R. (2008). Laptop educators: Identifying laptop use and pedagogical change. En *Proceedings of Society for Information Technology y Teacher Education International Conference 2008* (pp. 1211-1216). Chesapeake, VA: AACE.
- Minsu Jang, Dae-Ha Lee, Jaehong Kim y Yungjo Cho. (2013). Identifying principal social signals in private student-teacher interactions for robot-enhanced education. En *2013 IEEE RO-MAN* (pp. 621-626). doi: <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2013.6628417>
- Ocuppaugh, J., Baker, R., Gowda, S., Heffernan, N. y Heffernan, C. (2014). Population validity for educational data mining models: A case study in affect detection. *British Journal of Educa-*

- tional Technology*, 45 (3), 487-501. doi: <https://doi.org/10.1111/bjet.12156>
- Oliver, K. M. y Corn, J. O. (2008). Student-reported differences in technology use and skills after the implementation of one-to-one computing. *Educational Media International*, 45 (3), 215-229. doi: <https://doi.org/10.1080/09523980802284333>
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M. y Zaranis, N. (2018). The effectiveness of computer and tablet assisted intervention in early childhood students' understanding of numbers: An empirical study conducted in Greece. *Education and Information Technologies*. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9693-7>
- Paul, J. A. y Cochran, J. D. (2013). Key interactions for online programs between faculty, students, technologies, and educational institutions: A holistic framework. *Quarterly Review of Distance Education*, 14 (1), 49-62. Recuperado de <https://search.proquest.com/docview/1373183112/fulltextPDF/48BF-B25E58104164PQ/1?accountid=14765> (Consultado el 09-07-2019).
- Pennings, H. J. M., van Tartwijk, J., Wubbels, T., Claessens, L. C. A., van der Want, A. C. y Brekelmans, M. (2014). Real-time teacher-student interactions: A dynamic systems approach. *Teaching and Teacher Education*, 37, 183-193. doi: <https://doi.org/10.1016/J.TATE.2013.07.016>
- Penuel, W. R. (2006). Implementation and effects of one-to-one computing initiatives: A research synthesis. *Journal of Research on Technology in Education*, 38 (3), 329-348. doi: <https://doi.org/10.1080/15391523.2006.10782463>
- Peña-Ayala, A. (2014). Educational data mining: A survey and a data mining-based analysis of recent works. *Expert Systems with Applications*, 41 (4), 1432-1462. doi: <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2013.08.042>
- Pettigrew, J., Miller-Day, M., Shin, Y., Hecht, M. L., Krieger, J. L. y Graham, J. W. (2013). Describing teacher-student interactions: A qualitative assessment of teacher implementation of the 7th grade Keepin' it REAL substance use intervention. *American Journal of Community Psychology*, 51 (1-2), 43-56. doi: <https://doi.org/10.1007/s10464-012-9539-1>
- Psiropoulos, D., Barr, S., Eriksson, C., Fletcher, S., Hargis, J. y Cavanaugh, C. (2016). Professional development for iPad integration in general education: Staying ahead of the curve. *Education and Information Technologies*, 21 (1), 209-228. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-014-9316-x>
- Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. *Machine Learning*, 1 (1), 81-106. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00116251>
- Raca, M. y Dillenbourg, P. (2014). Holistic analysis of the classroom. En *Proceedings of the 2014 ACM workshop on Multimodal Learning Analytics Workshop and Grand Challenge - MLA '14* (pp. 13-20). Nueva York, EE. UU.: ACM Press. doi: <https://doi.org/10.1145/2666633.2666636>
- Reyes, L. H. y Fennema, E. (1981). *Classroom processes observer manual*. Madison, EE.UU.: University of Wisconsin-Madison. Recuperado de <http://link.library.in.gov/portal/Classroom-processes-observer-manual-Laurie/U8X6y1QA-BIU> (Consultado el 09-07-2019).
- Richardson, J. W., McLeod, S., Flora, K., Sauers, N. J., Kannan, S. y Sincar, M. (2013). Large-scale 1:1 computing initiatives: An open access database. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 9 (1), 4-18. Recuperado de <http://ijedict.dec.uwi.edu/viewissue.php?id=34> (Consultado el 09-07-2019).
- Romero, C. y Ventura, S. (2010). Educational data mining: A review of the state of the art. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 40 (6), 601-618. doi: <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2010.2053532>
- Rosen, Y. y Beck-Hill, D. (2012). Intertwining Digital Content and a One-To-One Laptop Environment in Teaching and Learning. *Journal of Research on Technology in Education*, 44 (3), 225-241. doi: <https://doi.org/10.1080/15391523.2012.10782588>
- Rudasill, K. M. (2011). Child temperament, teacher-child interactions, and teacher-child relationships: A longitudinal investigation from first to third grade. *Early Childhood Research Quarterly*, 26 (2), 147-156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2010.07.002>

- Semenova, L. A., Kazantseva, A. I., Sergejeva, V. V, Raklova, Y. M. y Baiseitova, Z. B. (2016). Pedagogical interaction in high school, the structural and functional model of pedagogical interaction. *International Journal of Environmental y Science Education*, 11 (9), 2553-2566. doi: 10.12973/ijese.2016.706a
- Spires, H. A., Oliver, K. y Corn, J. (2011). The new learning ecology of one-to-one computing environments: Preparing teachers for shifting dynamics and relationships. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 28 (2), 63-72. doi: <https://doi.org/10.1080/21532974.2011.10784682>
- Swallow, M. (2015). The year-two decline: Exploring the incremental experiences of a 1:1 technology initiative. *Journal of Research on Technology in Education*, 47 (2), 122-137. doi: <https://doi.org/10.1080/15391523.2015.999641>
- Tabach, M. (2011). A mathematics teacher's practice in a technological environment: A case study analysis using two complementary theories. *Technology, Knowledge and Learning*, 16 (3), 247-265. Recuperado de <https://www.learn-techlib.org/p/110557> (Consultado el 09-07-2019).
- Tabach, M. (2013). *Developing a general framework for instrumental orchestration*. Recuperado de http://www.cerme8.metu.edu.tr/wgpapers/WG15/WG15_Tabach.pdf (Consultado el 09-07-2019).
- Thomas, C. y Jayagopi, D. B. (2017). Predicting student engagement in classrooms using facial behavioral cues. En *Proceedings of the 1st ACM SIGCHI International Workshop on Multimodal Interaction for Education* (pp. 33-40). Nueva York: Association for Computing Machinery. doi: <https://doi.org/10.1145/3139513.3139514>
- Tolboom, J. L. J. (2012). *The potential of a classroom network to support teacher feedback: a study in statistics education* (Tesis doctoral). University of Groningen, Groningen, Países Bajos. Recuperado de [https://www.rug.nl/research/portal/publications/the-potential-of-a-classroom-network-to-support-teacher-feedback\(8e4d-6bee-e4b7-47e8-ac80-e724e5b1aabe\)/export.html](https://www.rug.nl/research/portal/publications/the-potential-of-a-classroom-network-to-support-teacher-feedback(8e4d-6bee-e4b7-47e8-ac80-e724e5b1aabe)/export.html) (Consultado el 09-07-2019).
- Tondeur, J., van Braak, J., Ertmer, P. A. y Ottenbreit-Leftwich, A. (2017). Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: a systematic review of qualitative evidence. *Educational Technology Research and Development*, 65 (3), 555-575. doi: <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9481-2>
- Twining, P., Raffaghelli, J., Albion, P. y Knezek, D. (2013). Moving education into the digital age: the contribution of teachers' professional development. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29 (5), 426-437. doi: <https://doi.org/10.1111/jcal.12031>
- Vandenbroucke, L., Spilt, J., Verschueren, K., Piccinin, C. y Baeyens, D. (2018). The classroom as a developmental context for cognitive development: A meta-analysis on the importance of teacher-student interactions for children's executive functions. *Review of Educational Research*, 88 (1), 125-164. doi: <https://doi.org/10.3102/0034654317743200>
- Varier, D., Dumke, E. K., Abrams, L. M., Conklin, S. B., Barnes, J. S. y Hoover, N. R. (2017). Potential of one-to-one technologies in the classroom: teachers and students weigh in. *Educational Technology Research and Development*, 65 (4), 967-992. doi: <https://doi.org/10.1007/s11423-017-9509-2>
- Wang, M. (2017). *The impact of teacher-student classroom interactions in primary school environment on children's engagement in classroom: A systematic literature review* (Tesis de maestría). Jönköping University, Jönköping, Sweden.
- Watson, G. (2001). Models of information technology teacher professional development that engage with teachers' hearts and minds. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 10 (1-2), 179-190. doi: <https://doi.org/10.1080/14759390100200110>
- Yang, K.-T., Wang, T.-H. y Chiu, C. M.-H. (2015). Study the effectiveness of technology-enhanced interactive teaching environment on student learning of junior high school biology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11 (3), 263-275. doi: <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1327a>
- Zheng, B., Warschauer, M., Lin, C.-H. y Chang, C. (2016). Learning in one-to-one laptop

environments: A meta-analysis and research synthesis. *Review of Educational Research*, 86 (4), 1052-1084. doi: <https://doi.org/10.3102/0034654316628645>

Biografía de los autores

Arnon HersHKovitz es Profesor Titular en el Departamento de Educación en Matemáticas, Ciencias y Tecnología en la Facultad de Educación de la Tel Aviv University (Israel) y Coeditor de *Technology, Instruction, Cognition and Learning* (TICL). Sus investigaciones se centran en la aplicación de métodos de analítica de aprendizaje para estudiar las habilidades requeridas por los alumnos y los profesores en la era digital.

 <http://orcid.org/0000-0003-1568-2238>

Agathe Merceron es Catedrática de Ciencia Computacional en la Beuth University of Applied Sciences Berlin (Alemania). Dirige los programas de grado y

máster de Media Informatics Online. Es Editora Adjunta del *Journal of Educational Data Mining* y ha participado como directora de programa en conferencias internacionales. Sus investigaciones se centran en el aprendizaje mejorado con tecnología, con un interés especial en la minería de datos educativa y la analítica de aprendizaje.

 <http://orcid.org/0000-0003-1015-5359>

Amran Shamaly es Graduado en Educación de Inglés y Máster en Educación y Tecnología; enfocó su tesis de máster en el área de tecnología y educación. Trabaja como Profesor y Coordinador de Inglés en una escuela de primaria. Además, es auxiliar de investigación en el Shamir Research Institute (Israel), donde ha colaborado en investigaciones sobre nuevos métodos pedagógicos de enseñanza y aprendizaje.

 <http://orcid.org/0000-0002-4642-8809>

Sumario*

Table of Contents**

Estudios Studies

Javier Pérez Guerrero

Justificación de un método indirecto para la educación de la virtud inspirado en Aristóteles

An outline of an indirect method for education in virtue inspired by Aristotle

385

Vicent Gozávez, Luis Miguel Romero-Rodríguez y Camilo Larrea-Oña

Twitter y opinión pública. Una perspectiva crítica para un horizonte educativo

Twitter and public opinion. A critical view for an educational outlook

403

Alberto Sánchez Rojo

Pedagogía de la atención para el siglo XXI: más allá de una perspectiva psicológica

Pedagogy of attention for the twenty-first century: beyond a psychological perspective

421

Ali Carr-Chellman, Sydney Freeman Jr. y Allen Kitchel

Liderazgo en la empresa online negentrópica

Leadership for the negentropic online enterprise

437

Notas Notes

Íñigo Sarria Martínez de Mendivil, Rubén González Crespo, Alexander González-Castaño, Ángel Alberto Magreñán Ruiz y Lara Orcos Palma

Herramienta pedagógica basada en el desarrollo de una aplicación informática para la mejora del aprendizaje en matemática avanzada

A pedagogical tool based on the development of a computer application to improve learning in advanced mathematics

457

Arnon Hershkovitz, Agathe Merceron y Amran Shamaly

El papel de la pedagogía en clases con computadoras uno a uno: un estudio observacional cuantitativo de las interacciones profesor-alumno

The role of pedagogy in one-to-one computing lessons: a quantitative observational study of teacher-student interactions

487

Arantxa Azqueta y Concepción Naval

Educación para el emprendimiento: una propuesta para el desarrollo humano

Entrepreneurship education: a proposal for human development

517

* Todos los artículos están también publicados en inglés en la página web de la revista: <https://revistadepedagogia.org>.

** All the articles are also published in English on the web page of the journal: <https://revistadepedagogia.org>.

Jesús López Belmonte, Santiago Pozo Sánchez, Arturo Fuentes Cabrera y Juan Antonio López Núñez

Creación de contenidos y *flipped learning*: un binomio necesario para la educación del nuevo milenio

Content creation and flipped learning: a necessary binomial for the education of the new millennium **535**

Reseñas bibliográficas

Barraca Mairal, J. *Aportaciones a una antropología de la unicidad. ¿Qué nos distingue y une a los humanos?*

(Aquilino Polaino-Lorente). **Bernal, A. (Coord.).**

Formación continua (Jesús García Álvarez). **Carrió-**

Pastor, M. L. (Eds.). *La enseñanza de idiomas y*

literatura en entornos virtuales (Amare Testie). **Chiva-**

Bartoll, O. y Gil-Gómez, J. (Eds.). *Aprendizaje-*

Servicio universitario. Modelos de intervención e

investigación en la formación inicial docente (Marta

Ruiz-Corbella). **557**

Informaciones

La **revista española de pedagogía** y la dialéctica cuidado-métrica (José Antonio Ibáñez-Martín); SITE XXXVIII Seminario Interuniversitario de Teoría de la Educación; X Jornada de Jóvenes Investigadores/as de Posgrado en Teoría de la Educación; I Conferencia Internacional de Investigación en Educación (IREd'19); **Una visita a la hemeroteca** (David Reyero); **Una visita a la red** (David Reyero). **571**

Índice del año 2019

Table of contents of the year 2019 **583**

Instrucciones para los autores

Instructions for authors **591**



ISSN: 0034-9461 (Impreso), 2174-0909 (Online)

<https://revistadepedagogia.org/>

Depósito legal: M. 6.020 - 1958

INDUSTRIA GRÁFICA ANZOS, S.L. Fuenlabrada - Madrid

The role of pedagogy in one-to-one computing lessons: a quantitative observational study of teacher-student interactions

El papel de la pedagogía en clases con computadoras uno a uno: un estudio observacional cuantitativo de las interacciones profesor-alumno

Arnon HERSHKOVITZ, PhD. Senior Lecturer. Tel Aviv University (aronhe@tauex.tau.ac.il).

Agathe MERCERON, PhD. Professor. Beuth Hochschule für Technik Berlin (merceron@beuth-hochschule.de).

Amran SHAMALY. Research Assistant. Shamir Research Institute (amranshamaly@gmail.com).

Abstract:

In this study, we compared teacher-student interactions in traditional lessons and in lessons implementing a one-to-one computing program, where all students and the teacher have an Internet-connected tablet to be used in the classroom. Taking a within-subject approach, we used quantitative field observations to investigate deviance from traditional lessons (with no use of computers). The study population included three 5th- and 6th grade Eng-

lish teachers. Findings show that the teachers change their teaching when tablets are used in the classroom, but each teacher changes differently. Nevertheless, there are similarities in the overall time spent on whole-class discussions and in the time of overall computer use. We also find that interactions are typical of learning configuration types, independent of computer use. We conclude the paper by discussing the findings and noting their implications for teacher training.

Acknowledgement: this study was partially funded by the European Commission's Marie Curie Career Integration Grant (CIG) 618511/ARTIAC.

Revision accepted: 2019-01-30.

This is the English version of an article originally printed in Spanish in issue 274 of the **revista española de pedagogía**. For this reason, the abbreviation EV has been added to the page numbers. Please, cite this article as follows: Hershkovitz, A., Merceron, A., & Shamaly, A. (2019). El papel de la pedagogía en clases con computadoras *uno a uno*: un estudio observacional cuantitativo de las interacciones profesor-alumno | *The role of pedagogy in one-to-one computing lessons: a quantitative observational study of teacher-student interactions*. *Revista Española de Pedagogía*, 77 (274), 487-515. doi: <https://doi.org/10.22550/REP77-3-2019-05>

<https://revistadepedagogia.org/>

ISSN: 0034-9461 (Print), 2174-0909 (Online)

Keywords: one-to-one computing program, technology-enhanced learning, teacher-student interactions, quantitative field observations.

Resumen:

En este estudio comparamos las interacciones entre profesor y alumno en clases tradicionales y en clases que implementan un programa de computación *uno a uno*, donde todos los alumnos y el profesor tienen una tableta conectada a Internet para usar en el aula. Adoptando un enfoque intrasujeto, hemos usado observaciones de campo cuantitativas para investigar la desviación respecto de las clases tradicionales (sin uso de computadoras). La población del estudio incluyó tres profesoras de inglés de de 5.º y 6.º curso. Los

hallazgos mostraron que las profesoras cambiaron su manera de enseñar cuando usaron tabletas en su clase, pero cada profesora cambió de manera diferente. Sin embargo, hubo similitudes en el tiempo total empleado en debates de toda la clase y en el tiempo de uso de la computadora. También hallamos que las interacciones son típicas de los tipos de configuración de aprendizaje, con independencia del uso que se le dé a la computadora. Concluimos el artículo con la exposición de los hallazgos, destacando sus implicaciones para la capacitación del profesorado.

Descriptores: programa de computación *uno a uno*, enseñanza mejorada mediante tecnología, interacciones profesor-alumno, observaciones de campo cuantitativas.

1. Introduction

Teacher-student interactions are key to learning, in both traditional and technology-enhanced settings (Gavilán Bouzas, 2009; Fleming, 2016; Ley & Gannon-Cook, 2014; Li, Burton, Locke, & Potter, 2015; Paul & Cochran, 2013). The entrance of digital technologies into classrooms may improve classroom discourse (Kong, 2011; Tolboom & Grafimedia, 2012). Often, this is explained by the shift of instruction from being teacher-centered to being more learner-centered (Fleischer, 2012; Lowther, Inan, Ross, & Strahl, 2012), which, in turn, may encourage teacher-student interaction (Drijvers, Doorman, Boon, Reed, & Gravemeijer, 2010; Higgins & BuShell, 2018; Tabach,

2011, 2013). Specifically, the more recent introduction of one-to-one (1:1) computing in the classroom may change teachers' ability to manage a more open classroom environment, which may eventually lead to a meaningful change in teacher-student interactions (Spires, Oliver, & Corn, 2011). A common technological aspect to most such programs is that each student (and the teacher) has an Internet-connected portable computing device (most often a laptop or tablet). Otherwise, the scope and details vary between institutions. Implementations include settings in which students can take the computers home, or settings in which they bring their own computers to school (BYOD — Bring Your Own Device); in other cases, the school

purchases a limited number of computers, stores them, and delivers them to classes upon request. The use of the computers also varies and is mostly dependent on the school's and teacher's choice (Fleischer, 2012; Penuel, 2006).

Although extensively researched in the general context of the technology-enhanced classroom, evidence of teacher-student interactions in the 1:1 classroom is sparse; in a review of over 600 studies on 1:1 computing classrooms, Fleischer (2012) found that while many studies have examined the student-computer interaction, "none of the articles focused on the effects of implementing the 1:1 project, such as its effects on verbal communication in the classroom" (p. 113). The potential effect of 1:1 computing programs on teacher-student interactions is evident in a more recent case study, according to which 1:1 technology may affect the larger teacher-student relationship; this is a result of learners becoming more autonomous, and of teachers and learners achieving higher levels of competency, which creates a more engaging classroom (Higgins & BuShell, 2018).

We have bridged this gap by studying teacher-student interactions in the traditional and 1:1 classrooms, while taking a unique approach. We collected and analysed fine-grained data about classroom interactions, using the Quantitative Field Observation (QFO) method. The rest of the literature review in this introduction is focused on two topics, which are highly relevant to our exploration: the associations between technology in the classroom

and teacher-student interactions, and teachers' incorporation of technology into the classroom. Finally, as we implement a unique approach to study this phenomenon, we will address some relevant methodological issues.

1.1. Effects of teacher-student classroom interactions

Interactions between learners and their instructors, peers, educational material or themselves are the basis of any learning process. In the context of classroom learning, teacher-student interactions are of great importance. Not only that these interactions are necessary to the very facilitation of lessons, it has been repeatedly shown that their quality is positively associated with academic and behavioural outcomes (Allen et al., 2013; Cadima, Leal, & Burchinal, 2010; Cadima, Verschueren, Leal, & Guedes, 2016; Hu et al., 2017; Luckner & Pianta, 2011).

In a recent literature review of 23 studies about the effects of teacher-student interactions on students' executive functions, Vandenbroucke, Spilt, Verschueren, Piccinin, & Baeyens (2018) found that in general, positive teacher-child interactions were related to better performance of executive functions. The authors point out to a few mechanisms through which these effects may be facilitated: positive emotional manifestation of teacher-student interactions may lower stress and increase engagement and exploration; positive organisational interactions may help students to organise their behaviour and internalise regulation strategies, or to serve as a model of effective and efficient executive functions;

finally, instructional support, which is often manifested through teacher-student interactions, may elate classroom activities that are characterized in high-order thinking, and may facilitate language development. These shed an important light on the great practical importance of positive teacher-student interactions.

Teachers use interactions with students in various ways. A recent review had shown that these methods include handling and participating in discourses and discussions; instructing and modeling; managing classroom activities and procedures; supporting students; cultivating discipline (Wang, 2017). Based on evidence from over 4,000 classrooms on teacher effectiveness gathered, Allen et al. (2013) concluded that teacher-student interactions are best explained as a three-dimensional latent structure comprising of distinct emotional, organisational, and behavioural domains. This structure serves as the basis of some of the most common tools for measuring teacher-student interactions, including the one that will be used in this study (Good & Brophy, 1970) (see section 1.4 below). Using that tool, a previous study demonstrated teachers' bias in affirmation and praise based on students' ethnicity (favoring Anglo-American over Mexican-American students). Also, it was shown that girls tended to initiate more work-related interactions, boys were more involved in public interactions (Buriel, 1983; Hart, 1989). Another study using the same methodology argued that teachers gain control over lessons by decreasing interactions at large during most of the lesson time (Jones & Vesilind, 1994). Recently, this tool was

used to study associations between dyadic teacher-student interactions in a whole-class setting and students' performance, finding no evidence for such a relationship (Flieller, Jarlégan, & Tazouti, 2016).

As the setting of the classroom has clear, direct implications on the way teacher-student interactions are handled, it is also important to explore how these interactions change when technology enters the classroom.

1.2. Technology in the classroom and teacher-student interactions

Technology bears the potential of changing the classroom. Interactions between students and computers, time allocation, learning management, ways of learning, roles of teachers and students, technical issues — these are just a few examples of aspects of learning and teaching that may be dramatically impacted when technology is introduced. All of these also affect teacher-student interactions, a key element of learning and teaching, and the basis for any teacher-led pedagogy. Given the topic's importance, research on technology-enhanced classrooms (i.e., not limited to 1:1 classrooms) has often visited the issue of teacher-student interactions; overall, studies of this issue suggest that teacher-student interactions are improved in the technology-enhanced classroom, compared with the traditional setting, often due to changes in teaching practices (Birmingham, Davies, & Greiffenhagen, 2002; Gupta & Fisher, 2011; Ha, 2008; Koh & Frick, 2009; Mason, 2014; Minsu Jang, Dae-Ha Lee, Jaehong Kim, & Youngjo Cho, 2013).

A recently published review of teacher-student interaction in technology-enhanced K-12 learning analyzes twenty five articles published between 2005 and 2016 (Harper, 2018). This review finds some meaningful changes in teacher-student interactions, both face-to-face and online. In the former (these are more relevant to our study), interactions generally changed substantially, becoming more student-centered.

Overall, the use of technology in the classroom may promote teacher-student interaction and communication. On the one hand, when students are actively engaged with the material via computerized devices, or when they get instant computer-based feedback, they may be better prepared for, and more involved in, class conversations during or after these activities. On the other hand, in situations where students are self-learning using computers, they may call the teacher for help rather than asking for help from their peers; that is, teacher-student interactions will increase as student-student interactions decrease (Chiu & Lee, 2009; Ha, 2008).

It is not just the extent of teacher-student interactions that is changing; it is also their nature. Technology-enriched classrooms may promote different teaching strategies as those used in traditional classrooms (see next section), which may lead to closer (i.e., in proximity) interactions between teachers and their students and to improve student-teacher relationships at large (Hershkovitz, 2018; Hershkovitz & Bransi, 2019). The change in instructional activities affects the content of the interactions as well; activities become more about ac-

tive learning and empowerment (Chen & Looi, 2011; Dündar & Akçayir, 2014; Geiger, Faragher, & Goos, 2010; Hämäläinen & De Wever, 2013; Houen, Danby, Farrell, & Thorpe, 2016; Leeuwen & Gabriel, 2007; Yang, Wang, & Chiu, 2015).

Nevertheless, it is important to emphasize that teacher-student interactions during a lesson are heavily teacher-, student-, and context-dependent. How a teacher orchestrates her or his classroom and interacts with students varies greatly across teachers, based on their characteristics and pedagogical beliefs (Koh & Frick, 2009; Tabach, 2013). In addition, students' characteristics and attitudes to learning may impact classroom interactions (Gupta & Fisher, 2011; Rudasill, 2011). Finally, the context of the tasks being handled during the lesson and even the location of the lesson may impact interactions (Birmingham et al., 2002; Leeuwen & Gabriel, 2007).

1.3. Teachers' incorporation of new technology in the classroom

Integrating technology into the classroom has the potential of triggering meaningful changes in the ways teaching is manifested. It is often argued that the use of technology promotes the role of teachers as mentors and facilitators, not mere knowledge-providers (Gomez & Lee, 2015; Watson, 2001). However, it has been repeatedly shown that in many cases, changes are not substantial. Computers often support existing pedagogical strategies, with a meager effect on the classroom and the larger school ecosystem (Brown, Englehardt, & Mathers, 2016; Lee, Spires, Wiebe, Hollebrands, & Young, 2015; Hershkovitz & Karni, 2018).

As 1:1 computing programs have hit the mainstream, it has been shown that they — like any other technology-enhanced program — can academically benefit students (Bethel, 2014; de Melo, Machado, & Miranda, 2017; Islam & Grönlund, 2016; Maxwell, 2015; Papadakis, Kalogiannakis, & Zaranis, 2018; Penuel, 2006; Zheng, Warschauer, Lin, & Chang, 2016) and dramatically change teaching and learning (Fleischer, 2012; Spires et al., 2011). Although they have been implemented in many countries, reaching millions of students (Richardson et al., 2013), these programs have not yet reached their full potential (Jenni & Mikko, 2013), and some schools even drop them after a few years (Hatakka, Andersson, & Grönlund, 2013; W. Hu, 2007; Swallow, 2015).

As with previous technologies, one of the major promises of 1:1 programs is their ability to shift from a teacher-centered approach to a learner-centered one (Dawson, Cavanaugh, & Ritzhaupt, 2008; Fleischer, 2012; Islam & Grönlund, 2016; Oliver & Corn, 2008; Penuel, 2006; Varier et al., 2017; Zheng et al., 2016). Nonetheless, some evidence indicates that 1:1 computing programs are not necessarily changing teachers' beliefs about teaching and learning more generally (Miller, 2008). For example, many teachers still perceive technology as a platform for content delivery, that is, as an amplifier of a teacher-centered approach (Grönlund, Wiklund, & Böö, 2018); they do not dedicate enough time to become familiar with new features that might enhance their use of technology; instead, they keep doing things

the way they have always done them. In that sense, the purpose of the current study is to explore the meaningful changes that are evident while implementing 1:1 computing programs.

1.4. Methodological considerations and theoretical framework

Previous studies have used various tools and techniques to investigate teacher-student interactions quantitatively. Classical methods — specifically, self-reported questionnaires, classroom observations, and classroom recordings — have served scholars in the field for decades and are still being used today (García & Montanero, 2004; Pennings et al., 2014; Pettigrew et al., 2013). Each has advantages along with some challenges: self-reported tools are relatively easy to use and with which data is relatively quickly collected, however they mostly collect participants' (often subjective) view of the studied phenomenon and are prone to many biases (Nardi, 2018). Classroom observations can be used to collect objective data in the context where it is collected, however they are mostly used to analyze aggregated measures (Allen et al., 2013), or only focus on a subgroup of the students at any given time (e.g., Cameron, 2014), as it is very difficult to document every interaction that takes place in the classroom during a whole lesson. Finally, video recording enable an analysis that takes place after the fact, hence may be fine-grained, however the video may not capture all that is happening in the classroom (because of the camera location and the filming angle), and the later analysis is heavily time-consuming.

Recently, more advanced techniques of data collection have been proposed or tested. For example, Raca and Dillenbourg (2014) used a set of web-cameras. About five cameras were located around the blackboard to capture the entire class population; another was located at the back of the class to capture the teacher's actions and slide changes. In addition, the teacher wore eye-tracking glasses to capture her or his gaze. Similar approaches are reviewed by Thomas and Babu (2017). While they are technologically advanced, these approaches still have challenges: first, setting up the data collection environment is complicated and may be expensive; second, analysing the vast amount of data collected requires technical sophistication; third, automatic analysis of the collected data involves a level of inaccuracy that cannot be ignored.

In this study, we used a different approach, one previously implemented in educational studies, namely, quantitative field observations (QFO). Applying this method involves a data collection software and an observer coding what is happening in the classroom in real-time. A fine-grained data collection is more easily enabled, and the data are stored immediately in a ready-to-analyze format. This method is usually applied in cases where an individual student's behaviour is captured along with a student identification; in such cases, it usually involves a cycle of short observations, each focusing on an individual student (DeFalco et al., 2018; Ocumpaugh, Baker, Gowda, Heffernan, & Heffernan, 2014; Woolf et al., 2008). To study teacher-student interactions at the class-level (that is, with no student

identification), we collect data of higher granularity than previous QFO studies; this allowed us to document every interaction-related instance during the lesson.

Good and Brophy's (1970) observation protocol was arguably the first to refer to dyadic teacher-student interactions; this protocol was later modified by Reyes and Fennema (1981). These validated protocols have been used to study many different variables at different grade levels and in many learning settings. Due to their validity, fine granularity, and popularity, we considered them suitable for our research. Furthermore, the dimensions of teacher-student interactions reflected in these protocols — namely, content, behaviour, and procedure — fit to the three domains latent structure of teacher-student interactions found in the extensive review of (Hamre et al., 2013) — namely, instruction, emotion, and organisation, respectively. Adapting and extending the original protocols to fit our research setting (i.e., the whole class observed at all times), we slotted each teacher-student interaction into one of the categories described in the next sub-sections.

1.4.1. Content-Related interactions

Interactions under this category are divided into:

- *Response opportunity*: a response opportunity is a public, content-related attempt by an individual student or a group of students to deal with a question posed by the teacher. The teacher can directly ask particular students to answer or look for volunteers willing to answer.

- *Teacher's comment*: a teacher's comment is a public, content-related interaction initiated by the teacher not in the form of a question.
- *Student's comment or question*: a student's comment or question is a public, content-related interaction initiated by a student or a group of students that is not preceded by a teacher's question.

1.4.2. Behavioural interactions

These are public, non-content related comments made by a teacher, either *appraisal* (e.g., "great answer") or *discipline-related* (e.g., "please do not disturb me"), addressed to one student or to a group of students.

1.4.3. Procedural interactions

These interactions are public, non-content related and can be initiated by teachers or students; they are related to student or class management (e.g., students asking permission to go to the bathroom, or teachers/students talking about missing equipment).

1.4.4. Non-Public interactions

Non-public interactions are held privately between the teacher and one or more students. As such, we assume that we cannot know anything about their content; hence, we did not categorize them further.

2. Purpose and research questions

In light of the above, our main goal was to empirically study differences in teacher-student interactions (as defined in the theoretical framework) in tradition-

al and in 1:1 lessons, using fine-grained data. We took into consideration that interactions are context-dependent; hence, we also examined the learning configuration used. Because interactions are also teacher-dependent, we took a within-subject approach.

We formulated the following research questions:

1. What is the distribution of learning configurations in traditional and 1:1 lessons?
2. What is the distribution of teacher-student interaction types in traditional and 1:1 lessons?
3. What is the distribution of teacher-student interaction types by learning configuration in traditional and 1:1 lessons?
4. Can teacher-student interaction types and distribution predict learning configuration?

3. Methods

3.1. Population

Participants were three 5th- and 6th-grade English female teachers in a public elementary school in a Druze village in the north of Israel, and their total of 86 students (11-12 years old). This village is characterised by a relatively low socioeconomic status (Cluster 3 out of 10, with 1 hosting the villages with the lowest socioeconomic status, and 10 hosting the villages with the highest status) (Central Bureau of

Statistics, 2017). At the time of data collection (2014/15), the school was participating in a pilot of using tablet computers (initiated and managed by the Israeli Ministry of Education). Therefore, the school owned 78 tablet computers that were stored in charging carts and were available for teachers to use (mostly for Mathematics, English, and Science classes); tablets were used for various purposes, e.g., reading e-books, working in a learning management system, brainstorming using collaboration platforms, etc. We focused on English classes, as the use of computers was the highest in this domain.

We refer to the teachers as AM, AR, and RI. AM, with 21 years of teaching experience, was also the computing coordinating at school, and had 32 students in her classroom; AR, with 6 years of teaching experience, had 25 students in her classroom; and RI, with 10 years of teaching experience, was also a computing guide for teachers in the region where the school is, had 29 students in her classroom. Each teacher was observed for a total of 5-6 lessons of 45-50 minutes each. Description of the observed lessons is brought in Table 1.

TABLE 1. Summative information about the observations.

Teacher	Grade	Students	Observations	
			Traditional	1:1
AM	6	32	4	2
RI	5	29	4	2
AR	5	25	3	2
Total	-	86	11	6

Source: Own elaboration.

3.2. Research variables

We analysed teacher-student interactions based on Good and Brophy's (1970) observation protocol, and considering its modification by Reyes and Fennema (1981). Originally formulated for classroom observations, these protocols refer to dyadic teacher-student interactions and facilitate the coding of such interactions based on a pre-defined set of categories. Drawing on these, we defined an observation protocol for coding every interaction between the teacher and a student or a group of students in the context

of the technology-enriched classroom. Following the definitions given above, each such interaction was coded as one of the following:

- Content-related interactions
 - Response opportunity.
 - Teacher's comment.
 - Student's comment or question.
- Behavioural interactions
 - Appraisal.
 - Discipline.

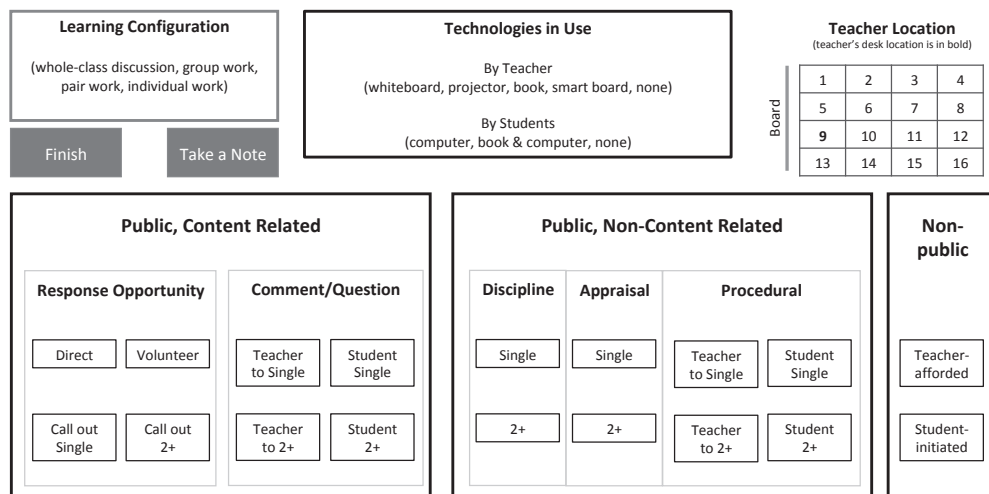
- Procedural interactions
- Non-Public interactions

We also documented the *learning configuration* (whole class discussion, group work, pair work, individual work) and the *teacher's location*, marked on an imaginary 4x4 division of the classroom (we do not give the location information in this paper, as it was previously reported in (Hershkovitz, Merceron, & Shamaly, 2015)).

3.3. Data collection tool

For the purposes of this study, we developed a dedicated mobile-app for Android tablets (Q-TSI — Quantifying Teacher-Student Interactions¹), using which an observer can conduct the observation efficiently; every occurrence of teacher-student interaction in the classroom is easily documented with a hit of a button (Hershkovitz, Merceron, & Shamaly, 2015). A schematic of the main observation screen in this app is presented in Graph 1.

GRAPH 1. Main observation screen in the data collection app.



Source: Own elaboration.

3.4. Process

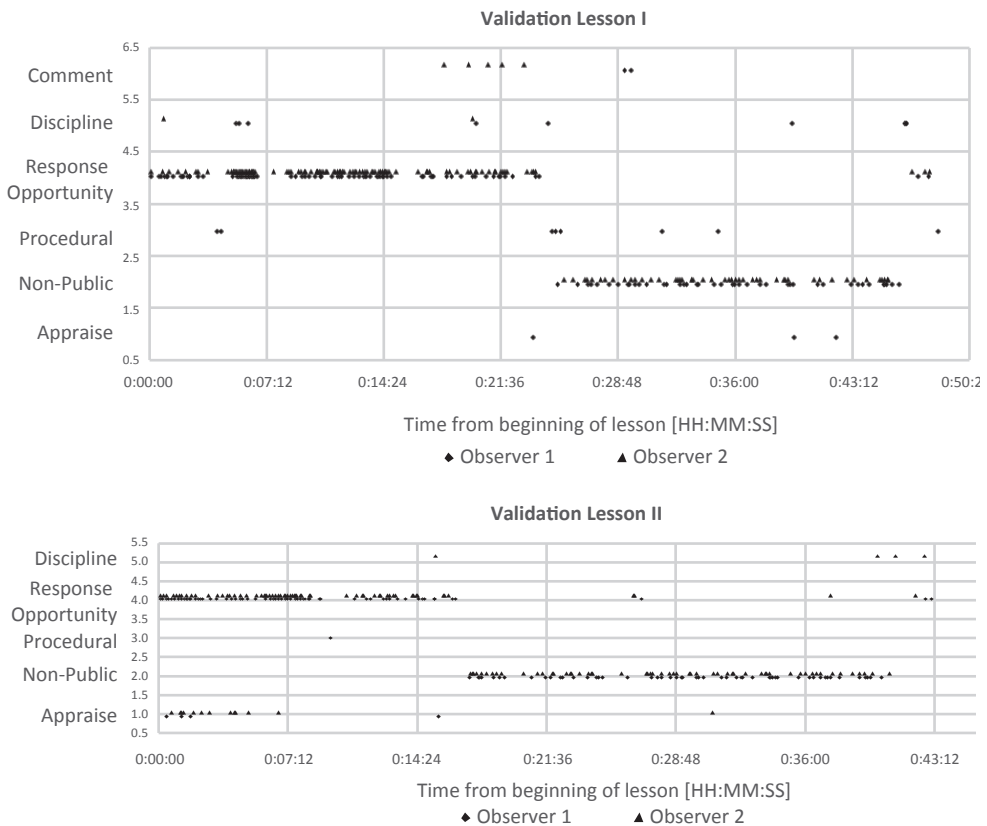
Class observations took place during November-December 2014 and March-June 2015. We made nine visits to the school, during which we repeatedly observed three classes; each teacher (and her students) was observed at least three times during traditional lessons — that is,

with no use of computers at all — and at least two times in 1:1 lessons during which tablets were available to be used on a one-to-one basis but were not necessarily used throughout the lesson. The observer (the third author) was located at the back of the classroom, where he could watch the whole class.

Prior to these data-collecting observations, the third author (the observer) was trained by the first author (the principal investigator). Training first included learning and discussing the different interaction types and the process of using the observation app. Then, for purposes of validation, a few lessons were observed jointly by the first and third authors, during which and after which they were discussing the coding. Mismatching codes were discussed until an agreement was reached, until a full agreement was achieved in the last validation lesson observation.

Due to the fact that the collected data includes timestamps of hitting the button in the observation application, and considering possible differences in these timestamps when two persons observe in the same classroom (accounting for potential differences in response time after the interaction occurred, processing time for decoding the interaction, and response time for the actual hit) — we find it quite difficult to run standard interrater reliability tests. For being able to compare between the two observers' results, we put them together on a timeline and indeed we are able to see the resemblance between them. See Graph 2.

GRAPH 2. Aligning the two observers' collected data for two lessons.



Source: Own elaboration.

3.5. Data set and preprocessing

During the observations, the learning configuration “group work” was used for very short periods, and very few interactions took place during them. Therefore, the corresponding interactions were deleted from the data, hence we were left with 5,029 interactions in four learning configurations: whole class discussion, pair work, and individual work (recall that the interactions were coded into six categories: response opportunity, student’s comment, appraisal, discipline, non-public, and procedural). Data were aggregated to the level of learning configuration level, in order to answer the research questions.

4. Findings

4.1. Summative information

Overall, we analysed 5,029 teacher-student interactions, of which 1,976 (39.3%) were recorded for RI, 1,744 (34.7%) for AM, and 1,309 (26.0%) for AR. There was a total of 3,647 (72.5%) interactions during sessions in which there was no use of computers, and 1,382 (27.5%) during 1:1 sessions. Of these interactions, we had the highest number of response opportunities (1,570 of 5,029, 31.2%), followed by procedural interactions (1,412, 28.1%), non-public (982, 19.5%), appraisal (497, 9.9%), discipline (323, 6.4%), and finally, with the lowest number, comments (243, 4.8%).

4.2. Learning configurations in traditional vs. 1:1 lessons

We wanted to know if the teachers used the same learning configurations with computers as they did without computers. The number of observed lessons per teacher varied, so to compare them, we averaged the time dedicated to each learning con-

figuration [in seconds] across each teacher’s observed lessons. All three teachers changed the way the lesson was handled when computers were in use; this is evident by examining the distribution of time across the different learning configurations in traditional and in 1:1 lessons; using Fisher’s Exact Test to compare between these distributions (we could not use chi-square analysis, as some of the cells have a 0-value), for each teacher separately, we get significant results, with $p < 0.0001$.

However, each teacher changed differently the way she handled learning configurations from traditional to 1:1 lessons. RI and AR both decreased the time for whole-class discussion but differed in the way they handled individual work. AR increased the time spent on individual work and, as in her traditional class, did not use pair work; however, RI replaced individual work with pair work, as did AM. Note that AM barely changed her share of whole-class discussion; in the traditional lesson, she had a lower share of whole-class discussion on RI, and a much lower share on AR.

Interestingly, the teachers showed similar behaviour in 1:1 lessons in two respects. First, they spent a similar amount of time in the whole-class discussion configuration; the time range was 56.9% to 61.2%, a much smaller range on the 60.1% to 88.4% for traditional lessons; this means that overall, the teachers adopted a more learner-centered teaching in 1:1 lessons on in traditional lessons, except for one teacher who stayed about the same. Second, they spent a fairly similar amount of time using the tablets, from 69.2% to 80% of the lesson.

TABLE 2. Average time [sec] dedicated to each learning configuration in traditional and 1:1 lessons for each teacher.

Configuration	AM		RI		AR	
	Traditional	1:1	Traditional	1:1	Traditional	1:1
Whole-Class Discussion	1704 (60.1 %)	1633 (61.2 %)	1872 (65.5 %)	1661 (56.9 %)	2201 (88.4 %)	1388 (57.6 %)
Individual Work	521 (18.7 %)	0 (0 %)	815 (28.8 %)	0 (0 %)	258 (10.4 %)	993 (42.0 %)
Pair Work	537 (19.0 %)	930 (31.7 %)	0 (0 %)	1224 (41.3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Fisher's Exact Test Significance (two-tail, df = 2)	p<0.0001		p<0.0001		p<0.0001†	
Average % duration of 1:1 activities during 1:1 lessons	69.2 %		71.2 %		80 %	

Note: † Zero-values were omitted from this calculation (df = 1); figures in parentheses give the proportion of time for each learning configuration.

4.3. Interaction types by learning configuration in traditional vs. 1:1 lessons

Our next question was whether the same types of teacher-student interactions occurred when tablets were used and when they were not. We analysed the occurrence of the interactions in each of the learning configurations and for each teacher separately. First, we grouped interactions into sessions. A session corresponds to a specific learning configuration in a lesson. Except for marginal cases that can be neglected, tablets are either used or not used for the full duration of a session. A lesson where tablets are in use may include some sessions with no tablet use; such sessions are considered traditional. Sessions differ in duration and frequency.

To compare interactions in the learning configurations of the three teachers we calculated two values: *density* and *proportion*.

The *density* is the total number of interactions divided by the total length of all sessions. For example, AM had a total of 127 appraisal interactions in all traditional whole-class discussion sessions (see Table 3). All together, these sessions had a length of 6674 seconds, yielding a density of 0.019 (numbers are rounded to 3 decimals). This means that in 1 second, there were 0.019 appraisal interactions. Note that in the 1:1 sessions, the density of appraisal interactions was the same. Summing up, the total density of AM's

traditional whole-class discussion sessions was 0.120, while the total density of her 1:1 whole-class discussion sessions was 0.103. In other words, her traditional whole-class discussion sessions were (aggregatively) richer in interactions on her 1:1 sessions.

Proportion is the total count of one particular type of interaction di-

vided by the total number of interactions during all sessions. Again, considering AM's traditional whole-class discussion sessions, we obtained a proportion of $(127 \times 100) / (127 + 23 + 22 + 43 + 133 + 456) = 15.8\%$. This teacher's proportion of appraisal interactions in one-to-one sessions was 20% (4 of 20).

TABLE 3. Interaction types (count, percent, density) in whole-class discussions for traditional and 1:1 sessions for each teacher separately.

Interaction	AM		RI		AR	
	Traditional	1:1	Traditional	1:1	Traditional	1:1
Appraisal	127 15.8 % 0.019	4 20.0 % 0.019	71 9.9 % 0.011	51 22.5 % 0.027	109 14.4 % 0.014	20 10.9 % 0.010
Comment	23 2.9 % 0.003	0 0% 0	64 8.9 % 0.010	6 2.6 % 0.003	44 5.8 % 0.006	9 4.9 % 0.005
Discipline	22 2.7 % 0.003	0 0 % 0	51 7.1 % 0.008	13 5.7 % 0.007	60 7.9 % 0.008	20 10.9 % 0.010
Non-Public	43 5.4 % 0.006	2 10.0 % 0.009	34 4.7 % 0.005	5 2.2 % 0.003	32 4.2 % 0.004	2 1.1 % 0.001
Procedural	133 16.3 % 0.020	7 35.0 % 0.033	157 21.9 % 0.024	48 21.1 % 0.029	154 20.3 % 0.020	33 18 % 0.017
Response Opportunity	456 56.9 % 0.068	7 35.0 % 0.033	339 47.3 % 0.052	104 45.8 % 0.054	359 47.4 % 0.047	99 54.1 % 0.05
Total Count	804	20	716	227	758	183
Total Length [sec]	6674	214	6528	1918	7588	1965
Total Density	0.120	0.103	0.110	0.118	0.100	0.093

Source: Own elaboration.

When we look at the last line of Table 3 (total density), we notice that AR interacted slightly less with her students on the two other teachers. In the whole-class discussion learning configuration, with two exceptions, all teachers used response opportunity interactions the most, followed by procedural and then appraisal interactions, both with and without computers; the densities for these three types are shown in Table 3. The two exceptions were AM and RI in 1:1 sessions: AM had more procedural on response opportunity interactions, and RI had more appraisal on procedural interactions. Though AR used fewer response opportunity interactions on RI in 1:1 sessions (density 0.05 and 0.054 respectively), when we look at the interactions proportionally, we see that she used this type more (proportions 54.1% and 45.1% respectively). Proportionally, she also used discipline interactions more.

Conducting within-subject comparisons (for each teacher separately), we identify some interesting differences between the two learning settings (with and without computers). However, due to the small sample size (we only have 6 types of interactions), it is very challenging to run statistical analysis to test the extent and significance of these differences; often, it is recommended to have a sample size of at least 10 (Kirk, 2007). Therefore, we will only include a description of these differences.

When we compare traditional and 1:1 lessons, we do not notice a tendency common to all three teachers. For each interaction type, density and proportion changed

differently from teacher to teacher. The total density decreased slightly for AM and AR and increased for RI when computers were used.

In the individual work learning configuration (Table 4), we see that AR interacted more with her students than the two other teachers, the opposite of the whole-class discussion learning configuration presented above. With one exception, all teachers used the procedural interactions the most, followed by non-public ones, both with computers and without computers. The densities for these two interaction types are shown in Table 4. The exception was AM with computers: she used more non-public on procedural interactions. Though AR used more procedural interactions on RI in the traditional sessions (density 0.055 and 0.052, respectively), proportionally, she used this type less (36.5% and 44.2%, respectively). Again, she used discipline interactions more. When we compare traditional and 1:1 sessions, we see more procedural interactions in 1:1 sessions and less response opportunity and appraisal interactions on in traditional sessions. The total density increased slightly for AM and decreased for RI in 1:1 sessions.

In the pair work learning configuration (Table 5), we notice that altogether RI interacted more with her students on AM. Procedural and non-public interactions were the most common, as in the individual work learning configuration, both in traditional and one-to-one sessions. The densities for these two types of interactions are shown in Table 5. Though AM used more procedural interactions with

computers than without (density 0.035 and 0.030, respectively), proportionally, she used this type slightly less (proportions 30% and 31.1%, respectively). Note that our comparison of traditional and

1:1 sessions only involves AM. Here, we observe a drop in non-public interactions and an increase in appraisal and comment interactions in the 1:1 sessions. The total density increased slightly in 1:1 sessions.

TABLE 4. Interaction types (count, percent, density) in individual work for traditional and 1:1 sessions for each teacher separately.

Interaction	AM		RI		AR	
	Traditional	1:1	Traditional	1:1	Traditional	1:1
Appraisal	40 12.0 % 0.011	1 0.5 % 0.001	21 4% 0.005	-	3 2.4 % 0.004	3 1.3 % 0.002
Comment	13 3.9 % 0.004	0 0 % 0	6 1.2 % 0.001	-	10 7.9 % 0.013	27 11.3 % 0.014
Discipline	17 5.1 % 0.005	4 2 % 0.002	55 10.6 % 0.013	-	19 15.1 % 0.025	36 15 % 0.018
Non-Public	105 31.6 % 0.028	105 52.5 % 0.057	176 33.8 % 0.040	-	33 26.2 % 0.043	46 19.2 % 0.023
Procedural	100 30.1 % 0.027	71 34 % 0.037	230 44.2 % 0.052	-	43 36.5 % 0.055	121 49.2 % 0.061
Response Opportunity	57 17.2 % 0.015	23 11 % 0.012	32 6.2 % 0.007	-	15 11.9 % 0.019	10 4.2 % 0.005
Total Count	332	204	520	-	126	240
Total Length [sec]	3711	1829	4382	-	775	1986
Total Density	0.089	0.109	0.119	-	0.163	0.121

Source: Own elaboration.

TABLE 5. Interaction types (count, percent, density) in pair work in traditional and 1:1 sessions for each teacher separately.

Interaction	AM		RI		AR	
	Traditional	1:1	Traditional	1:1	Traditional	1:1
Appraisal	10 6.1 % 0.006	25 11.5 % 0.014	-	10 3.4 % 0.004	-	-
Comment	4 2.4 % 0.002	26 12.0 % 0.014	-	11 3.7 % 0.005	-	-
Discipline	10 6.1 % 0.006	6 2.8 % 0.003	-	2 0.7 % 0.001	-	-
Non-Public	69 42.1 % 0.040	61 28.1 % 0.033	-	131 44.4 % 0.054	-	-
Procedural	51 31.1 % 0.030	65 30 % 0.035	-	129 43.7 % 0.053	-	-
Response Opportunity	20 12.2 % 0.012	34 15.7 % 0.018	-	12 4.1 % 0.005	-	-
Total Count	164	217	-	295	-	-
Total Length [sec]	1726	1849	-	2429	-	-
Total Density	0.095	0.117	-	0.121	-	-

Source: Own elaboration.

Note that although density and proportion measure two different aspects of interactions, they are perfectly cor-

related because they are both linear transformations of the number of interactions.

4.4. Predicting learning configuration

We have already seen some interesting trends. Notably, response opportunity interactions happen more in the whole-class discussion learning configuration, while non-public interactions happen more in the individual and pair work learning configurations, in both traditional and 1:1 sessions. To better understand the dependence between learning configurations and the different types of interactions occurring in them, we asked the following question: Can learning configurations be predicted based on the interaction types they contain?

To answer this question, we created a dataset containing all 48 sessions recorded in this investigation. Overall, there were 28 whole-class discussion sessions (58.3%), 13 individual work sessions (27.1%), and 7 pair work sessions (14.6%).

A session had the following features: the proportion of each interaction type, the teacher [AM/AR/RI], and computer use [Yes/No]. We did not consider density for two reasons. First, as mentioned above, density and proportion are perfectly correlated. Second, proportion better measures which kinds of interactions occur together in the same session.

We used a decision tree to build a prediction model, mostly because of it being simple and easy to interpret (Jan, Kamber, & Pei, 2001; Quinlan, 1986); decision trees have been extensively used in the educational research in recent years (Baker & Siemens, 2014; Peña-Ayala, 2014; Romero & Ventura, 2010). Constructing a decision

tree includes a repetitive process of partitioning the data into sub-groups — each time based on a single variable — and setting (predicting) a label to each sub-group, in a way that maximizes a target function. At each stage, the algorithm tests different partitions using the set of variables (same variable can be used over different stages of the process), and picks us the partition that gives the best values (regarding the target function). The process goes on until no improvement is gained. The output was an easy-to-understand graph-based visual representation of the division and the predictions. Using this analysis facilitated an understanding of which features were important for the prediction in an easy to interpret manner.

In our case, the data consisted of the sessions, the label to be predicted was the learning configuration (whole-class discussion, individual work, pair work), and the other characteristics were the above mentioned session descriptors. Prediction goodness was tested using kappa, and was validated using leave-one-out cross-validation (LOOCV); we used Rapid-Miner Studio™ Version 8.2.

We tested several criteria for splitting nodes in the tree. The tree with the best performance was obtained with Gain Ratio (an entropy-based criterion which takes the entropy of the data for each feature into account) and had a kappa of 0.54. To increase the output readability, we set the minimum leaf size to 4, reducing the overall tree size while keeping the most informative parts of the upper nodes. In this case, the best performance was obtained

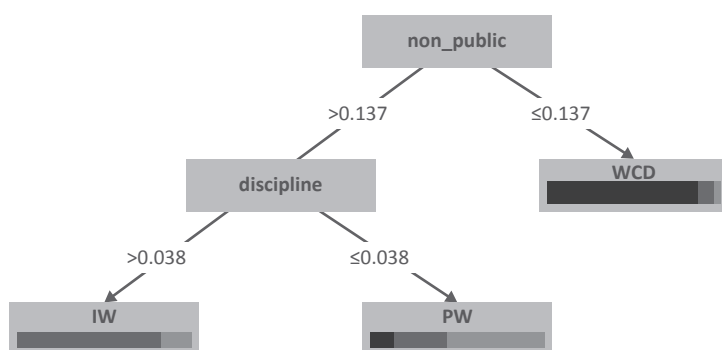
using the Gini Index (a measure of inequality between the distributions of the labels among the features) as the splitting criterion. The resulting model is presented in Graph 2 and has a kappa of 0.46.

The best predicted learning configuration was whole-class discussion; this was not surprising because it was also the most represented in the dataset. The tree indicates that a low proportion of non-public interactions ($\leq 13.7\%$) is a good predictor of this configuration, which is sensible: in the whole-class discussion configuration, the teacher does not interact much privately with students. This branch of the tree (from the root to the right leaf) holds 30 sessions (62.5% of the 48 sessions) out of which 27 are really whole-class discussion, 2 are individual work, and 1 is pair

work. If the non-public interaction rate is higher than 13.7%, the tree further splits based on the rate of discipline interactions. If this rate is higher than 3.8%, individual work is predicted for 11 sessions, out of which 9 are really individual work and 2 are pair work. Otherwise, pair work is predicted for the 7 remaining sessions out of which 4 are really pair work, 2 are individual work, and 1 is whole-class discussion.

Interestingly, all the trees obtained with other criteria divide the root with this same feature — non-public interactions — and with the same splitting value. The trees differ in how they predict the other learning configurations. Interestingly, none of the trees uses the feature computer use to split a node.

GRAPH 3. Best decision tree model for learning configuration (WCD = whole-class discussion; IW = individual work; PW = pair work) with a minimum leaf size of 4.



Source: Own elaboration.

5. Discussion

We studied teacher-student interactions during lessons in an elementary

school to explore the effects on these interactions of implementing 1:1 computing programs. Contrasting with most of

the existing works that adopt a qualitative analysis (e.g., Harper, 2018), we used quantitative field observations (QFO) to allow high resolution analysis at the class level; we also recorded contextual factors (as in Malmberg, 2018), such as learning configuration or teacher's location, though the latter is not used in the present work.

Our findings show that each of the three teachers we studied had her own way of handling traditional lessons. This is of no surprise, as teaching is a highly individualized process, heavily impacted by personal experiences, attitudes, and beliefs. Our findings also show that each teacher adapted her style in a different way when computers were in use. However, the share of whole-class discussion of all three teachers becomes more similar in 1:1 lessons, as the teachers with a high share of whole class discussion in traditional lessons decreased this share and increased individual or pair work in 1:1 lessons. We can interpret this change as adopting a more learner-centered approach, during which students work at their own pace, and interact privately at their own needs with the teacher (as evident by the relatively low share of non-public interactions during whole-class discussion setting).

The findings also show that some interaction types are more common in particular learning configurations, independent of computer use. While procedural interactions were quite important in all three configurations, response opportunity and appraisal interactions were more common in the whole-class discussion configuration while non-public interactions were more

common in the individual and pair work configurations. The decision tree confirms this analysis and returns a low rate of non-public interactions as a good predictor of the whole-class discussion learning configuration. Consequently, we find that teacher-student interactions are pedagogy-, rather on technology-dependent, in line with previous research (Beutel, 2010; Semenova, Kazantseva, Sergeyeveva, Raklova, & Baiseitova, 2016). In that sense, pedagogy moderates the associations between technology adaptation and interactions during lessons.

It is important to emphasize that this conclusion may not be evident at a first look. The harmonisation of the three teachers' behaviour in 1:1 lessons regarding the time spent in whole class discussion, and the similarity in overall time using the computers — both hint at a technology-led pedagogy. It has repeatedly been shown that the mere presence of technology affects teachers' behaviour in classrooms (Burke, Schuck, Aubusson, Kearney, & Frischknecht, 2018; Higgins & BuShell, 2018). In that sense, the participating teachers in this study are of no exception. However, as we analysed the data further, we conclude that it is the pedagogy, and not the technology, that determines the interactions within the classroom. That is, the teachers had changed their teaching strategies due to the technology in use, and it is the teaching strategy — and not the technology — that mostly affected teacher-student interactions. This understanding is important, as it highlights the importance of pedagogy in the technology-pedagogy discourse; educational purposes should be

well-defined before taking into consideration technological novelties (Cardno, Tolmie, & Howse, 2017; Spires et al., 2011). Although pedagogy and technology are often suggested as equally important in integrating information and communication technologies in learning (Lin, Wang, & Lin, 2012), in practice the focus on pedagogy is sometimes missing from this discourse (Blau, Peled, & Nusan, 2016; Lin et al., 2012).

Our findings should advise teachers and professional developers alike to be well aware that teacher-student interactions in the classroom have primarily to do with the learning setting, which means the pedagogy in use. When changing it, a teacher changes the way she or he interacts with their students. The use of technology can facilitate the change towards a more learner-centered approach, as two teachers indeed made this move by themselves. Nevertheless, this change is often a result of teachers' beliefs about teaching with technology and a result of the technology per se (Ertmer, 2005; Koh & Frick, 2009; Tabach, 2013).

This study has some limitations. A first limitation is that the small population makes it difficult to generalize the findings; therefore, further investigation using a similar methodology is needed. Another limitation is that our study was situated in a single discipline (English) and in a single school which, like any school, is characterised by a specific culture of education and technology use; thus, other observations should be conducted in other disciplines, in other schools, and in oth-

er countries. Further, our data do not code what students were doing during the lesson; as this aspect may impact teacher-student interactions, future studies should store information on in-class activities. Note, however, that recording more information, such as in-class activities, may require some significant methodological changes, as it may be not feasible for a single observer at the back of the class to see what each student is doing at any given moment. Another limitation is that performance of students has not been studied: do they perform better, the same or worse after the adoption of 1:1 lessons? Future work is also needed to understand whether the change towards a more user-centered approach of two teachers is lasting over time.

Despite these limitations, this study suggests two important takeaways. First, a shift towards a more learner-centered pedagogical approach is facilitated by computer use, as others have found (Dawson et al., 2008; Fleischer, 2012; Islam & Grönlund, 2016; Oliver & Corn, 2008; Penuel, 2006; Varier et al., 2017; Zheng et al., 2016). Second, some teacher-student interaction types are linked to particular learning setting, independent of computer use. We believe that the insights gained in this study serve as important contributions to the study of teacher-student interactions in both theory and practice.

Note

¹ The app was uploaded to Google Play Store and was freely available. However, because of technical difficulties, it is currently unavailable in the Store.

References

- Allen, J., Gregory, A., Mikami, A., Lun, J., Hamre, B., & Pianta, R. (2013). Observations of effective teacher-student interactions in secondary school classrooms: Predicting student achievement with the classroom assessment scoring system-Secondary. *School Psychology Review*, 42 (1), 76-98.
- Baker, R., & Siemens, G. (2014). Educational data mining and learning analytics. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 253-272). Cambridge, UK: Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.016>
- Banerjee, M., Xu, Z., Jiang, L., & Waxman, H. (2017). A Systematic Review of Factors Influencing Technology Use by Pre-service and Novice Teachers. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference (Vol. 2017)* (pp. 89-94). Austin, TX: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Retrieved from <https://www.learntechlib.org/primary/p/177279> (Consulted on 2019-07-09).
- Bethel, E. C. (2014). *A systematic review of one-to-one access to laptop computing in K-12 Classrooms: An investigation of factors that influence program impact* (unpublished doctoral thesis). Concordia University, Montreal, Canada. Retrieved from https://spectrum.library.concordia.ca/979773/1/Bethel_PhD_S2015.pdf (Consulted on 2019-07-09).
- Beutel, D. (2010). The nature of pedagogic teacher-student interactions: A phenomenographic study. *The Australian Educational Researcher*, 37 (2), 77-91. doi: <https://doi.org/10.1007/BF03216923>
- Birmingham, P., Davies, C., & Greiffenhagen, C. (2002). Turn to face the bard: making sense of three-way interactions between teacher, pupils and technology in the classroom. *Education, Communication & Information*, 2 (2-3), 139-161. doi: <https://doi.org/10.1080/1463631021000025330>
- Blau, I., Peled, Y., & Nusan, A. (2016). Technological, pedagogical and content knowledge in one-to-one classroom: teachers developing “digital wisdom”. *Interactive Learning Environments*, 24 (6), 1215-1230. doi: <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.978792>
- Brown, C. P., Englehardt, J., & Mathers, H. (2016). Examining preservice teachers’ conceptual and practical understandings of adopting iPads into their teaching of young children. *Teaching and Teacher Education*, 60, 179-190. doi: <https://doi.org/10.1016/J.TATE.2016.08.018>
- Brownlee, J., Purdie, N., & Boulton-Lewis, G. (2001). Changing Epistemological Beliefs in Pre-service Teacher Education Students. *Teaching in Higher Education*, 6 (2), 247-268. doi: <https://doi.org/10.1080/13562510120045221>
- Buriel, R. (1983). Teacher-student interactions and their relationship to student achievement: A comparison of Mexican-American and Anglo-American children. *Journal of Educational Psychology*, 75 (6), 889-897. doi: <https://doi.org/10.1037/0022-0663.75.6.889>
- Burke, P. F., Schuck, S., Aubusson, P., Kearney, M., & Frischknecht, B. (2018). Exploring teacher pedagogy, stages of concern and accessibility as determinants of technology adoption. *Technology, Pedagogy and Education*, 27 (2), 149-163. doi: <https://doi.org/10.1080/1475939X.2017.1387602>
- Bustamante, C., & Moeller, A. J. (2013). Exploring the Unique Case of a Professional Development Program on Web 2.0 Technologies for Teachers of German. *CALICO Journal*, 30 (1), 82-104. doi: <https://doi.org/10.11139/cj.30.1.82-104>
- Cameron, D. L. (2014). An examination of teacher-student interactions in inclusive classrooms: teacher interviews and classroom observations. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 14 (4), 264-273. doi: <https://doi.org/10.1111/1471-3802.12021>
- Cardno, C., Tolmie, E., & Howse, J. (2017). New spaces - New pedagogies: Implementing personalised learning in primary school innovative learning environments. *Journal of Educational Leadership, Policy and Practice*, 32 (1), 111-124.

- Central Bureau of Statistics (2017). *Characterization and classification of geographical units by the socio-economic level of the population 2013 (report no. 1694)*. Jerusalem: Central Bureau of Statistics. Retrieved from <https://www.cbs.gov.il/en/publications/Pages/2017/Characterization-and-Classification-of-Geographical-Units-by-the-Socio-Economic-Level-of-the-Population-2013.aspx> (Consulted on 2019-07-09).
- Chen, W., & Looi, C.-K. (2011). Active classroom participation in a Group Scribbles primary science classroom. *British Journal of Educational Technology*, 42 (4), 676-686. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01082.x>
- Chiu, C. F., & Lee, G. C. (2009). A video lecture and lab-based approach for learning of image processing concepts. *Computers and Education*, 52 (2), 313-323. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.09.003>
- Dawson, K., Cavanaugh, C., & Ritzhaupt, A. D. (2008). Florida's EETT leveraging laptops initiative and its impact on teaching practices. *Journal of Research on Technology in Education*, 41 (2), 143-159. doi: <https://doi.org/10.1080/015391523.2008.10782526>
- De Melo, G., Machado, A., & Miranda, A. (2017). The impact on learning of a one laptop per child program: Evidence from Uruguay. *Trimestre Económico*, 84 (334), 383-409. doi: <https://doi.org/10.20430/ete.v84i334.305>
- DeFalco, J. A., Rowe, J. P., Paquette, L., Georgoulas-Sherry, V., Brawner, K., Mott, B. W., ... Lester, J. C. (2018). Detecting and addressing frustration in a serious game for military training. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28 (2), 152-193. doi: <https://doi.org/10.1007/s40593-017-0152-1>
- Dragon, T., Arroyo, I., Woolf, B. P., Burleson, W., el Kaliouby, R., & Eydgahi H. (2008). Viewing Student Affect and Learning through Classroom Observation and Physical Sensors. In B. P. Woolf, E. Aimeur, R. Nkambou, & S. Lajoie (Eds.), *ITS 2008: Intelligent Tutoring Systems* (pp. 29-39). Berlin: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-69132-7_8
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H., & Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75 (2), 213-234. doi: <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9254-5>
- Dündar, H., & Akçayir, M. (2014). Implementing tablet PCs in schools: Students' attitudes and opinions. *Computers in Human Behavior*, 32, 40-46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.11.020>
- Ertmer, P. A. (2005). Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration? *Educational Technology Research and Development*, 53 (4), 25-39. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02504683>
- Fleischer, H. (2012). What is our current understanding of one-to-one computer projects: A systematic narrative research review. *Educational Research Review*, 7 (2), 107-122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2011.11.004>
- Fleming, S. G. (2016). *Gender behavior types, teacher-student interactions, and mathematics performance: An empirical analysis of Texas high school students* (unpublished doctoral thesis). University of Texas at Arlington, Arlington, USA. Retrieved from <https://rc.library.uta.edu/uta-ir/handle/10106/26379> (Consulted on 2019-07-10).
- Flieller, A., Jarlégan, A., & Tazouti, Y. (2016). Who benefits from dyadic teacher-student interactions in whole-class settings? *The Journal of Educational Research*, 109 (3), 311-324. doi: <https://doi.org/10.1080/00220671.2014.950718>
- García, G., & Montanero, M. (2004). Verbal communication and joint activity in educational support. A comparative analysis among expert. **revista española de pedagogía**, 62 (229), 541-560.
- Gavilán Bouzas, P. (2009). Aprendizaje cooperativo. Papel del conflicto sociocognitivo en el desarrollo intelectual. Consecuencias pedagógicas. **revista española de pedagogía**, 67 (242), 131-148.

- Geiger, V., Faragher, R., & Goos, M. (2010). Cas-enabled technologies as 'agents provocateurs' in teaching and learning mathematical modelling in secondary school classrooms. *Mathematics Education Research Journal*, 22 (2), 48-68. doi: <https://doi.org/10.1007/BF03217565>
- Gomez, K., & Lee, U.-S. (2015). Situated cognition and learning environments: implications for teachers on- and offline in the new digital media age. *Interactive Learning Environments*, 23 (5), 634-652. doi: <https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1064447>
- Good, T. L., & Brophy, J. E. (1970). Teacher-child dyadic interactions: A new method of classroom observation. *Journal of School Psychology*, 8 (2), 131-138. doi: [https://doi.org/10.1016/0022-4405\(70\)90032-4](https://doi.org/10.1016/0022-4405(70)90032-4)
- Grönlund, Å., Wiklund, M., & Böö, R. (2018). No name, no game: Challenges to use of collaborative digital textbooks. *Education and Information Technologies*, 23 (3), 1359-1375. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9669-z>
- Gupta, A., & Fisher, D. (2011). Teacher-student interactions in a technology-supported science classroom environment in relation to selected learning outcomes: An Indian study. *MIER Journal of Educational Studies Trends & Practices*, 1 (1), 41-59. Retrieved from <http://www.mierjs.in/ojs/index.php/mjestp/article/viewFile/5/4> (Consulted on 2019-07-09).
- Ha, T. Y. (2008). *Technology-integrated mathematics education (TIME): A study of interactions between teachers and students in technology-integrated secondary mathematics classrooms* (Doctoral thesis). University of Hawaii at Mānoa, Honolulu, HI, USA. Retrieved from https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/20530/2/HAWN_AC1.H3_5101_r.pdf (Consulted on 2019-07-09).
- Hämäläinen, R., & de Wever, B. (2013). Vocational education approach: New TEL settings-new prospects for teachers' instructional activities? *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 8 (3), 271-291. doi: <https://doi.org/10.1007/s11412-013-9176-1>
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data mining: Concepts and techniques*. Waltham, MA: Elsevier Science.
- Harper, B. (2018). Technology and teacher-student interactions: A review of empirical research. *Journal of Research on Technology in Education*, 50 (3), 214-225.
- Hart, L. E. (1989). Classroom processes, sex of student, and confidence in learning mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20 (3), 242-260.
- Hatakka, M., Andersson, A., & Grönlund, Å. (2013). Students' use of one to one laptops: A capability approach analysis. *Information Technology and People*, 26 (1), 94-112. doi: <https://doi.org/10.1108/09593841311307169>
- Hershkovitz, A. (2018). The student-teacher relationship in the one-to-one computing classroom. *Páginas de Educacion*, 11 (1), 37-65.
- Hershkovitz, A., & Bransi, H. (2019). Comparing teachers' perceptions of classroom environment in one-to-one computing lessons. *Revista de Educación*, 384, 147-173
- Hershkovitz, A., & Karni, O. (2018). Borders of change: A holistic exploration of teaching in one-to-one computing programs. *Computers & Education*, 125, 429-443.
- Hershkovitz, A., Merceron, A., & Shamaly, A. (2015). Teacher-student classroom interactions: A computational approach. In *Proceedings of the 8th International Conference on Educational Data Mining* (pp. 558-559). Retrieved from http://www.educationaldatamining.org/EDM2015/proceedings/edm2015_proceedings.pdf (Consulted on 2019-07-09).
- Higgins, K., & BuShell, S. (2018). The effects on the student-teacher relationship in a one-to-one technology classroom. *Education and Information Technologies*, 23 (3), 1069-1089. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9648-4>
- Houen, S., Danby, S., Farrell, A., & Thorpe, K. (2016). 'I wonder what you know ...' teachers designing requests for factual information. *Teaching and Teacher Education*, 59, 68-78. doi: <https://doi.org/10.1016/J.TATE.2016.02.002>
- Hu, W. (2007, May 4). Seeing no progress, some schools drop laptops. *The New York Times*. Retrieved from <http://www.nytimes.com/2007/05/04/education/04laptop.html> (Consulted on 2019-07-09).

- Hu, B. Y., Fan, X., Wu, Z., LoCasale-Crouch, J., Yang, N., & Zhang, J. (2017). Teacher-child interactions and children's cognitive and social skills in Chinese preschool classrooms. *Children and Youth Services Review, 79*, 78-86. doi: <https://doi.org/10.1016/J.CHILDYOUTH.2017.05.028>
- Islam, M. S., & Grönlund, Å. (2016). An international literature review of 1:1 computing in schools. *Journal of Educational Change, 17* (2), 191-222. doi: <https://doi.org/10.1007/s10833-016-9271-y>
- Jääskelä, P., Häkkinen, P., & Rasku-Puttonen, H. (2017). Teacher beliefs regarding learning, pedagogy, and the use of technology in higher education. *Journal of Research on Technology in Education, 49* (3-4), 198-211. doi: <https://doi.org/10.1080/15391523.2017.1343691>
- Jan, J., Kamber, M., & Pei, J. (2001). *Data mining: Concepts and techniques*. Waltham, MA: Elsevier.
- Jenni, R., & Mikko, V. (2013). Actual and potential pedagogical use of tablets in schools. *Human Technology, 9* (2), 113-131. doi: <https://doi.org/10.17011/ht/urn.201312042736>
- Jones, M. G., & Vesilind, E. (1994). Changes in student teachers' interactions with pupils. *The Journal of Classroom Interaction, 29* (1), 25-29.
- Kienhues, D., Bromme, R., & Stahl, E. (2008). Changing epistemological beliefs: The unexpected impact of a short-term intervention. *British Journal of Educational Psychology, 78* (4), 545-565. doi: <https://doi.org/10.1348/000709907X268589>
- Kirk, R. E. (2007). *Statistics: An introduction*. Boston, MA: Wadsworth Publishing Company.
- Koh, J. H. L., & Frick, T. W. (2009). Instructor and student classroom interactions during technology skills instruction for facilitating preservice teachers' computer self-efficacy. *Journal of Educational Computing Research, 40* (2), 211-228. doi: <https://doi.org/10.2190/EC.40.2.d>
- Kong, S. C. (2011). An evaluation study of the use of a cognitive tool in a one-to-one classroom for promoting classroom-based dialogic interaction. *Computers & Education, 57* (3), 1851-1864. doi: <https://doi.org/10.1016/J.COMPE-DU.2011.04.008>
- Lee, J. K., Spires, H., Wiebe, E., Hollebrands, K., & Young, C. (2015). Portraits of One-To-One Learning Environments in a New Learning Ecology. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 10* (3), 78-101.
- Leeuwen, C. A., & Gabriel, M. A. (2007). Beginning to write with word processing: Integrating writing process and technology in a primary classroom. *The Reading Teacher, 60* (5), 420-429. doi: <https://doi.org/10.1598/RT.60.5.2>
- Ley, K., & Gannon-Cook, R. (2014). Learner-valued interactions: Research into practice. *Quarterly Review of Distance Education, 15* (1), 23-32.
- Li, W., Burton, J. K., Lockee, B. B., & Potter, K. R. (2015). *Development of a framework for guiding interaction design in distance learning* (unpublished doctoral dissertation). Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA. Retrieved from https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/64400/Li_W_D_2015.pdf (Consulted on 2019-07-09).
- Lin, J. M.-C., Wang, P.-Y., & Lin, I.-C. (2012). Pedagogy * technology: a two-dimensional model for teachers' ICT integration. *British Journal of Educational Technology, 43* (1), 97-108. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01159.x>
- Lowther, D. L., Inan, F. A., Ross, S. M., & Strahl, J. D. (2012). Do one-to-one initiatives bridge the way to 21st century knowledge and skills? *Journal of Educational Computing Research, 46* (1), 1-30. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=EJ965342> (Consulted on 2019-07-09).
- Luckner, A. E., & Pianta, R. C. (2011). Teacher-student interactions in fifth grade classrooms: Relations with children's peer behavior. *Journal of Applied Developmental Psychology, 32* (5), 257-266. doi: <https://doi.org/10.1016/J.APPDEV.2011.02.010>
- Malmberg, L. (2018). Métodos cuantitativos para el registro de procesos y contextos en la investigación educativa | *Quantitative methods for capturing processes and contexts in educational research*. **revista española de pedagogía, 76** (271), 449-462. doi: <https://doi.org/10.22550/REP76-3-2018-03>

- Mason, J. (2014). Interactions between teacher, student, software and mathematics: Getting a purchase on learning with technology. In A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Eds.), *The mathematics teacher in the digital era, volume 2* (pp. 11-40). Dordrecht: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1_2
- Matzen, N. J., & Edmunds, J. A. (2007). Technology as a Catalyst for Change. *Journal of Research on Technology in Education*, 39 (4), 417-430. doi: <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782490>
- Maxwell, A. L. (2015). *The impact of one-to-one laptop initiatives on K-12 math and science pedagogy and achievement: A literature review* (Master's thesis). The University of Texas at Austin, Austin, EE.UU. Retrieved from <https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/32278/MAXWELL-MASTERSREPORT-2015.pdf> (Consulted on 2019-07-09).
- Miller, R. (2008). Laptop educators: Identifying laptop use and pedagogical change. In *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2008* (pp. 1211-1216). Chesapeake, VA: AACE.
- Minsu, J., Dae-Ha, L., Jaehong, K., & Youngjo, Ch. (2013). Identifying principal social signals in private student-teacher interactions for robot-enhanced education. In *2013 IEEE RO-MAN* (pp. 621-626). Gyeongju: IEEE. doi: <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2013.6628417>
- Ocuppaugh, J., Baker, R., Gowda, S., Heffernan, N., & Heffernan, C. (2014). Population validity for educational data mining models: A case study in affect detection. *British Journal of Educational Technology*, 45 (3), 487-501. doi: <https://doi.org/10.1111/bjet.12156>
- Oliver, K. M., & Corn, J. O. (2008). Student-reported differences in technology use and skills after the implementation of one-to-one computing. *Educational Media International*, 45 (3), 215-229. doi: <https://doi.org/10.1080/09523980802284333>
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2018). The effectiveness of computer and tablet assisted intervention in early childhood students' understanding of numbers: An empirical study conducted in Greece. *Education and Information Technologies*. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9693-7>
- Paul, J. A., & Cochran, J. D. (2013). Key interactions for online programs between faculty, students, technologies, and educational institutions: A holistic framework. *The Quarterly Review of Distance Education*, 14 (1), 49-62. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1373183112> (Consulted on 2019-07-09).
- Pennings, H. J. M., van Tartwijk, J., Wubbels, T., Claessens, L. C. A., van der Want, A. C., & Brekelmans, M. (2014). Real-time teacher-student interactions: A dynamic systems approach. *Teaching and Teacher Education*, 37, 183-193. doi: <https://doi.org/10.1016/J.TATE.2013.07.016>
- Penuel, W. R. (2006). Implementation and effects of one-to-one computing initiatives: A research synthesis. *Journal of Research on Technology in Education*, 38 (3), 329-348. doi: <https://doi.org/10.1080/15391523.2006.10782463>
- Peña-Ayala, A. (2014). Educational data mining: A survey and a data mining-based analysis of recent works. *Expert Systems with Applications*, 41 (4), 1432-1462. doi: <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2013.08.042>
- Pettigrew, J., Miller-Day, M., Shin, Y., Hecht, M. L., Krieger, J. L., & Graham, J. W. (2013). Describing teacher-student interactions: A qualitative assessment of teacher implementation of the 7th grade Keepin' it REAL substance use intervention. *American Journal of Community Psychology*, 51 (1-2), 43-56. doi: <https://doi.org/10.1007/s10464-012-9539-1>
- Psiropoulos, D., Barr, S., Eriksson, C., Fletcher, S., Hargis, J., & Cavanaugh, C. (2016). Professional development for iPad integration in general education: Staying ahead of the curve. *Education and Information Technologies*, 21 (1), 209-228. doi: <https://doi.org/10.1007/s10639-014-9316-x>

- Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. *Machine Learning*, 1 (1), 81-106. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00116251>
- Raca, M., & Dillenbourg, P. (2014). Holistic analysis of the classroom. In *Proceedings of the 2014 ACM workshop on Multimodal Learning Analytics Workshop and Grand Challenge - MLA '14* (pp. 13-20). New York: ACM Press. doi: <https://doi.org/10.1145/2666633.2666636>
- Reyes, L. H., & Fennema, E. (1981). *Classroom processes observer manual*. Madison, EE.UU: University of Wisconsin-Madison. Retrieved from <http://link.library.in.gov/portal/Classroom-processes-observer-manual-Laurie/U8X6y1QABIU> (Consulted on 2019-07-09).
- Richardson, J. W., McLeod, S., Flora, K., Sauers, N. J., Kannan, S., & Sincar, M. (2013). Large-scale 1:1 computing initiatives: An open access database. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 9 (1), 4-18. Retrieved from: <http://ijedict.dec.uwi.edu/include/getdoc.php?id=5395&article=1584> (Consulted on 2019-07-09).
- Romero, C., & Ventura, S. (2010). Educational data mining: A review of the state of the art. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 40 (6), 601-618. doi: <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2010.2053532>
- Rosen, Y., & Beck-Hill, D. (2012). Intertwining Digital Content and a One-To-One Laptop Environment in Teaching and Learning. *Journal of Research on Technology in Education*, 44 (3), 225-241. doi: <https://doi.org/10.1080/15391523.2012.10782588>
- Rudasill, K. M. (2011). Child temperament, teacher-child interactions, and teacher-child relationships: A longitudinal investigation from first to third grade. *Early Childhood Research Quarterly*, 26 (2), 147-156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2010.07.002>
- Semenova, L. A., Kazantseva, A. I., Sergeyeveva, V. V, Raklova, Y. M., & Baiseitova, Z. B. (2016). Pedagogical interaction in high school, the structural and functional model of pedagogical interaction. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11 (9), 2553-2566. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1114604.pdf> (Consulted on 2019-07-09).
- Spires, H. A., Oliver, K., & Corn, J. (2011). The new learning ecology of one-to-one computing environments: Preparing teachers for shifting dynamics and relationships. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 28 (2), 63-72. doi: <https://doi.org/10.1080/21532974.2011.10784682>
- Swallow, M. (2015). The year-two decline: Exploring the incremental experiences of a 1:1 technology initiative. *Journal of Research on Technology in Education*, 47 (2), 122-137. doi: <https://doi.org/10.1080/15391523.2015.999641>
- Tabach, M. (2011). A mathematics teacher's practice in a technological environment: A case study analysis using two complementary theories. *Technology, Knowledge and Learning*, 16 (3), 247-265. Retrieved from <https://www.learntechlib.org/p/110557/> (Consulted on 2019-07-09).
- Tabach, M. (2013). Developing a general framework for instrumental orchestration. In *The Eighth Congress of European Research in Mathematics Education*. Antalya, Turkey. Retrieved from http://www.cerme8.metu.edu.tr/wgpapers/WG15/WG15_Tabach.pdf (Consulted on 2019-07-07).
- Thomas, C., & Babu Jayagopi, D. (2017). Predicting student engagement in classrooms using facial behavioral cues. In *Proceedings of the 1st ACM SIGCHI International Workshop on Multimodal Interaction for Education*. Glasgow, UK. doi: <https://doi.org/10.1145/3139513.3139514>
- Tolboom, J. L. J., & Grafimedia, U. of G. (2012). *The potential of a classroom network to support teacher feedback: a study in statistics* (Doctoral thesis). University of Groningen, Groningen, The Netherlands. Retrieved from <http://tiny.cc/nrig9y> (Consulted on 2019-07-09).

- Tondeur, J., van Braak, J., Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2017). Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: a systematic review of qualitative evidence. *Educational Technology Research and Development*, 65 (3), 555-575. doi: <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9481-2>
- Twining, P., Raffaghelli, J., Albion, P., & Knezek, D. (2013). Moving education into the digital age: the contribution of teachers' professional development. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29 (5), 426-437. doi: <https://doi.org/10.1111/jcal.12031>
- Vandenbroucke, L., Spilt, J., Verschueren, K., Piccinin, C., & Baeyens, D. (2018). The classroom as a developmental context for cognitive development: A meta-analysis on the importance of teacher-student interactions for children's executive functions. *Review of Educational Research*, 88 (1), 125-164. doi: <https://doi.org/10.3102/0034654317743200>
- Variar, D., Dumke, E. K., Abrams, L. M., Conklin, S. B., Barnes, J. S., & Hoover, N. R. (2017). Potential of one-to-one technologies in the classroom: teachers and students weigh in. *Educational Technology Research and Development*, 65 (4), 967-992. doi: <https://doi.org/10.1007/s11423-017-9509-2>
- Wang, M. (2017). *The impact of teacher-student classroom interactions in primary school environment on children's engagement in classroom: A systematic literature review* (Master's thesis). Jönköping University, Jönköping, Sweden.
- Watson, G. (2001). Models of information technology teacher professional development that engage with teachers' hearts and minds. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 10 (1-2), 179-190. doi: <https://doi.org/10.1080/14759390100200110>
- Yang, K.-T., Wang, T.-H., & Chiu, C. M.-H. (2015). Study the effectiveness of technology-enhanced interactive teaching environment on student learning of junior high school biology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11 (3), 263-275. doi: <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1327a>
- Zheng, B., Warschauer, M., Lin, C.-H., & Chang, C. (2016). Learning in one-to-one laptop environments: A meta-analysis and research synthesis. *Review of Educational Research*, 86 (4), 1052-1084. doi: <https://doi.org/10.3102/0034654316628645>

Authors' biographies

Arnon Hershkovitz is a Senior Lecturer in the Department of Mathematics, Science, and Technology Education, at Tel Aviv University's School of Education (Israel) and a Co-Editor of *Technology, Instruction, Cognition and Learning (TICL)*. His main research interest is the application of learning analytics methods to study the skills needed for learners and teachers in today's digital era.

 <http://orcid.org/0000-0003-1568-2238>

Agathe Merceron is a Professor of Computer Science at the Beuth University of Applied Sciences of Berlin (Germany). She is the head of the Media Informatics Online Bachelor's and Master's degree programs. She is Associate Editor of the *Journal of Educational Data Mining* and has served as program chair for international conferences. Her research interests lie in technology enhanced learning with a focus on educational data mining and learning analytics.

 <http://orcid.org/0000-0003-1015-5359>

Amran Shamaly holds a B.Ed. in English and an M.A. in Education and Technology. He completed a Master's-level dissertation in Technology and

Education. He is a high school English teacher and the school's English Coordinator. Also, he is a research assistant in Shamir Research Institute (Israel) where he is involved in research of on new pedagogical teaching and learning methods.

 <http://orcid.org/0000-0002-4642-8809>

Table of Contents

Sumario

Studies Estudios

Javier Pérez Guerrero

An outline of an indirect method for education in virtue inspired by Aristotle

Justificación de un método indirecto para la educación de la virtud inspirado en Aristóteles

385

Vicent Gozávez, Luis Miguel Romero-Rodríguez, & Camilo Larrea-Oña

Twitter and public opinion. A critical view for an educational outlook

Twitter y opinión pública. Una perspectiva crítica para un horizonte educativo

403

Alberto Sánchez Rojo

Pedagogy of attention for the twenty-first century: beyond a psychological perspective

Pedagogía de la atención para el siglo XXI: más allá de una perspectiva psicológica

421

Ali Carr-Chellman, Sydney Freeman Jr., & Allen Kitchel

Leadership for the negentropic online enterprise

Liderazgo en la empresa online neguentrópica

437

Notes Notas

Íñigo Sarria Martínez de Mendivil, Rubén González Crespo, Alexander González-Castaño, Ángel Alberto Magreñán Ruiz, & Lara Orcos Palma

A pedagogical tool based on the development of a computer application to improve learning in advanced mathematics

Herramienta pedagógica basada en el desarrollo de una aplicación informática para la mejora del aprendizaje en matemática avanzada

457

Arnon Hershkovitz, Agathe Merceron, & Amran Shamaly

The role of pedagogy in one-to-one computing lessons: a quantitative observational study of teacher-student interactions

El papel de la pedagogía en clases con computadoras uno a uno: un estudio observacional cuantitativo de las interacciones profesor-alumno

487

Arantxa Azqueta, & Concepción Naval

Entrepreneurship education: a proposal for human development

Educación para el emprendimiento: una propuesta para el desarrollo humano

517

Jesús López Belmonte, Santiago Pozo Sánchez, Arturo Fuentes Cabrera, & Juan Antonio López Núñez

Content creation and flipped learning: a necessary binomial for the education of the new millennium

Creación de contenidos y flipped learning: un binomio necesario para la educación del nuevo milenio

535

Book reviews

Barraca Mairal, J. Aportaciones a una antropología de la unicidad. ¿Qué nos distingue y une a los humanos? [*Contributions to an anthropology of uniqueness: what distinguishes and unites human beings?*] (Aquilino Polaino-Lorente). **Bernal, A.**

(Coord.). Formación continua [*Continuous training*] (Jesús García Álvarez). **Carrió-Pastor, M. L. (Eds.).**

La enseñanza de idiomas y literatura en entornos virtuales [*Teaching language and teaching literature in virtual environments*] (Amare Tesfie). **Chiva-**

Bartoll, O., & Gil-Gómez, J. (Eds.). Aprendizaje-Servicio universitario. Modelos de intervención e investigación en la formación inicial docente

[*University service-learning: intervention and research models in initial teacher training*] (Marta Ruiz-

Corbella).

557

Table of contents of the year 2019

Índice del año 2019

571

This is the English version of the research articles and book reviews published originally in the Spanish printed version of issue 274 of the **revista española de pedagogía**. The full Spanish version of this issue can also be found on the journal's website <http://revistadepedagogia.org>.



ISSN: 0034-9461 (Print), 2174-0909 (Online)

<https://revistadepedagogia.org/>

Depósito legal: M. 6.020 - 1958

INDUSTRIA GRÁFICA ANZOS, S.L. Fuenlabrada - Madrid