

# **TESIS DOCTORAL**

2019

**EFFECTOS SOBRE EL RENDIMIENTO  
ACADÉMICO EN ESTUDIANTES DE  
SECUNDARIA SEGÚN EL USO DE  
LAS TIC**

**LUIS MIGUEL BENÍTEZ DÍAZ**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN EDUCACIÓN**

Dra. D<sup>a</sup>. MARÍA LUISA SEVILLANO GARCÍA

Dr. D. ESTEBAN VÁZQUEZ CANO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A  
DISTANCIA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA, ORGANIZACIÓN ESCOLAR Y  
DIDÁCTICAS ESPECIALES



**TESIS DOCTORAL**

EFFECTOS SOBRE EL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN ESTUDIANTES DE  
SECUNDARIA SEGÚN EL USO DE LAS TIC.

Autor:

**LUIS MIGUEL BENÍTEZ DÍAZ**

Directora:

**Dra. D<sup>a</sup>. MARÍA LUISA SEVILLANO GARCÍA**

Subdirector:

**Dr. D. ESTEBAN VÁZQUEZ CANO**

**DEDICATORIA**

*“Si he visto más lejos es porque estoy sentado sobre los hombros de gigantes.”*

— Isaac Newton

Físico, filósofo, teólogo, inventor, alquimista y matemático inglés.

*“Education is not preparation for life; education is life itself.”*

— John Dewey

Pedagogo, psicólogo y filósofo estadounidense.

*“Give the pupils something to do, not something to learn; and the doing is of such a nature as to demand thinking; learning naturally results.”*

— John Dewey

Pedagogo, psicólogo y filósofo estadounidense.

*“Education is the key to success in life, and teachers make a lasting impact in the lives of their students.”*

— Solomon Ortiz

Político estadounidense.

*“I was inspired by the Hole in the Wall project, where a computer with an internet connection was put in a Delhi slum. When the slum was revisited after a month, the children of that slum had learned how to use the worldwide web.”*

— Sugata Mitra

Profesor de Educational Technology en la School of Education, Communication and Language Sciences de la Universidad de Newcastle, Reino Unido.

**A Ileri**

*Te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mi universidad, la UNED, por haberme permitido formarme y en ella, en especial a la Escuela de Doctorado y a todas las personas que gestionaron mi tesis desde ella.

Gracias a todos los que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta. En especial a mi directora de tesis Dra. María Luisa Sevillano por haberme asesorado en el desarrollo de esta tesis; y a mi subdirector de tesis Dr. Esteban Vázquez Cano. Han demostrado tener mucha paciencia y confianza en mi labor, cosa que les agradezco profundamente.

## Tabla de contenidos

Capítulo 1. Introducción .....	1
1. Justificación de la investigación .....	2
1.1. Desafíos de la tecnología a la sociedad actual. ....	2
1.2 Preguntas de investigación. ....	18
Capítulo 2. Planteamiento de la investigación .....	19
1 Objetivos de la investigación .....	19
2 Hipótesis de la investigación .....	21
Capítulo 3. Marco teórico .....	24
1. Estado de la cuestión.....	24
2. Una realidad cada vez más compleja. Transfenomenalidad, transdisciplinariedad e interdiscursividad. ....	29
3. Cobertura de banda ancha en Canarias en 2018 .....	37
4. La complejidad del conocimiento .....	40
5. Autonomía del aprendizaje .....	45
6. Las TIC y el aprendizaje .....	59
7. La técnica del análisis multinivel.....	62
8. Una breve historia de LMMs .....	65
9. Ecuación de regresión de nivel 1 en un modelo simple multinivel de dos niveles (i, j) .....	72
10. Ecuación de regresión de Nivel 2 .....	74
11. Los modelos multinivel como metodología para la investigación educativa. La importancia de los avances metodológicos. ....	77
12. Educación secundaria en Canarias.....	79
13. Situación Actual.....	82
Capítulo 4. Metodología del estudio .....	87
1. El modelo de simulación.....	88
2. Procedimiento de simulación .....	98
Estimación de los parámetros en los modelos multinivel .....	98
3. Descripción de variables .....	99
4. Variables a nivel de alumnado .....	99
5. Análisis de los datos .....	102
Capítulo 5. Resultados del estudio .....	106
1. Análisis exploratorio de los datos .....	106
2. Correlaciones entre variables de los alumnos .....	117
3. Análisis descriptivo de los datos .....	127
3.1. Frecuencias absolutas.....	127
3.2. Detección de datos extremos.....	127
3.3. Balance de los datos en la jerarquía de los dos niveles. ....	129
3.4. Síntesis de las variables predictoras y de respuesta. ....	130
4. Análisis inferencial de los datos. ....	133
4.1. Los estadísticos MEDIAMAT, MEDIASCI y MEDIAREA.....	133
5. Modelo multinivel de rendimiento escolar en matemáticas considerando los centros escolares .....	136

6. Especificación y ajuste del modelo de dos niveles para el rendimiento en matemáticas .....	136
6.1. Ajuste del Modelo vacío, Modelo nulo o Modelo incondicional (M0). .	136
6.2. Verificación del modelo (residuos). Diagnósticos de la regresión. ....	139
6.3. Ajuste del Modelo con variables añadidas a nivel estudiante (M1).....	140
6.4. Ajuste del Modelo con variables añadidas a nivel estudiante eliminando los factores no significativos (M2 y M3). ....	143
7. Verificación del modelo final con predictores (residuos). Diagnósticos de la regresión.....	156
8. Interpretación de las estimaciones de los parámetros en el modelo final .....	158
9. Estimaciones de Parámetros de Efecto Fijo.....	159
10. Estimaciones de parámetros de la varianza (efecto aleatorio) .....	161
11. Análisis de la variación del rendimiento por centro escolar. Gradiente PISA2015 .....	163
Capítulo 6. Discusión.....	165
1. De la importancia de la cuestión.....	165
2. De los resultados obtenidos. ....	167
3. De la interpretación de los resultados según el propósito del estudio. ....	172
4. De la relación con la literatura existente.....	172
Capítulo 7. Conclusiones .....	176
1. Respondiendo a las preguntas de investigación.....	176
2. En relación con los objetivos de la investigación .....	181
3. Limitaciones investigativas.....	187
4. Recomendaciones derivadas de la investigación y transferencia al sistema educativo .....	188
Referencias.....	192
Anexos .....	213
Anexo A. Análisis PISA2009 .....	213
A1. Modelo multinivel de dos niveles del rendimiento escolar en matemáticas considerando los centros escolares, con datos PISA2009.....	213
A2. Modelo Nulo (modelo M0) .....	213
A3. ¿Qué parte de la varianza en las puntuaciones de rendimiento de matemáticas es atribuible a los estudiantes y a las escuelas?.....	214
A4. Modelo con las variables de ajuste (modelo M1) .....	215
A5. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (modelo M2) .....	216
A6. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (modelo M3) .....	217
A7. Comportamiento del rendimiento en matemáticas por escuela.....	220
Anexo B. Variables a nivel de estudiante PISA 2009 .....	222
Anexo C. Variables a nivel de estudiante PISA 2015 .....	223

## Índice de tablas

TABLA 1. RESUMEN DE LOS PRINCIPALES DATOS DE CANARIAS EN COMPARACIÓN CON LA MEDIA NACIONAL Y LOS RESULTADOS DE MEDIADOS DE 2017 .....	38
TABLA 2. RESUMEN DE LOS DATOS EN LAS DOS PROVINCIAS CANARIAS.....	39
TABLA 3. MUESTRA DE ESTUDIO Y LAS UNIDADES DE OBSERVACIÓN PISA2015.....	92
TABLA 4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES (I). .....	104
TABLA 5. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES (Y II).....	105
TABLA 6. IC010Q01TA: NAVEGAR POR INTERNET PARA REALIZAR TAREAS ESCOLARES (POR EJEMPLO, PARA PREPARAR UN ENSAYO O UNA PRESENTACIÓN).....	106
TABLA 7. IC010Q02NA: NAVEGAR EN INTERNET PARA DAR SEGUIMIENTO A LAS LECCIONES, POR EJEMPLO, PARA ENCONTRAR EXPLICACIONES. ....	107
TABLA 8. IC010Q03TA: USAR EL CORREO ELECTRÓNICO PARA COMUNICARSE CON OTROS ESTUDIANTES SOBRE EL TRABAJO ESCOLAR. ....	108
TABLA 9. IC010Q04TA: USAR EL CORREO ELECTRÓNICO PARA COMUNICARSE CON LOS PROFESORES Y LA PRESENTACIÓN DE TAREAS, U OTRAS TAREAS ESCOLARES.....	109
TABLA 10. IC010Q05NA: USAR LAS REDES SOCIALES PARA COMUNICARSE CON OTROS ESTUDIANTES SOBRE EL TRABAJO ESCOLAR (POR EJEMPLO, <FACEBOOK>, <MYSPACE>). ....	110
TABLA 11. IC010Q06NA: USAR LAS REDES SOCIALES PARA LA COMUNICACIÓN CON LOS PROFESORES (POR EJEMPLO, <FACEBOOK>, <MYSPACE>). ....	111
TABLA 12. IC010Q07TA: DESCARGAR, CARGAR O EXPLORAR MATERIAL DEL SITIO WEB DE MI ESCUELA (POR EJEMPLO, CALENDARIO O MATERIALES DEL CURSO).....	112
TABLA 13. IC010Q08TA: VERIFICAR EL SITIO WEB DE LA ESCUELA PARA VER ANUNCIOS, POR EJEMPLO, AUSENCIA DE PROFESORES.....	113
TABLA 14. IC010Q09NA: HACER LA TAREA EN UNA COMPUTADORA.....	114
TABLA 15. IC010Q10NA: HACER LA TAREA EN UN DISPOSITIVO MÓVIL.....	115
TABLA 16. IC010Q11NA: DESCARGAR APLICACIONES DE APRENDIZAJE EN UN DISPOSITIVO MÓVIL. .	116
TABLA 17. IC010Q12NA: DESCARGA DE APLICACIONES DE APRENDIZAJE DE CIENCIAS EN UN DISPOSITIVO MÓVIL. ....	117



TABLA 18. TABLA DE CORRELACIONES POR PARES DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO [N=1350] (I).....	119
TABLA 19. VARIABLES CON COEFICIENTES DE PEARSON MÁS RELEVANTES .....	123
TABLA 20. FRECUENCIAS ABSOLUTAS POR GÉNERO. ....	128
TABLA 21. RESUMEN DE ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS.....	128
TABLA 22. PRINCIPALES ESTADÍSTICOS DE LA VARIABLE CALCULADA MEDIAMAT, MEDIASCI Y MEDIAREA. ....	134
TABLA 23. MODELO VACÍO (M0) PARA EL RENDIMIENTO ESCOLAR EN MATEMÁTICAS. ....	138
TABLA 24. PARÁMETROS DEL MODELO 1, CON PREDICTORES EN NIVEL 1 PARA EL RENDIMIENTO ESCOLAR EN MATEMÁTICAS. ....	142
TABLA 25. COMPARATIVA DE LA VARIANZA EXPLICADA ENTRE LOS MODELOS M0 Y M1. ....	143
TABLA 26. PARÁMETROS DEL MODELO 2, CON PREDICTORES EN NIVEL 1 PARA EL RENDIMIENTO ESCOLAR EN MATEMÁTICAS. ....	145
TABLA 27. COMPARATIVA DE LA VARIANZA EXPLICADA ENTRE LOS MODELOS M0 Y M2. ....	146
TABLA 28. PARÁMETROS DEL MODELO 3, CON PREDICTORES EN NIVEL 1 PARA EL RENDIMIENTO ESCOLAR EN MATEMÁTICAS. ....	147
TABLA 29. COMPARATIVA DE LA VARIANZA EXPLICADA ENTRE LOS MODELOS M0 Y M3. ....	148
TABLA 30. SINOPSIS DE LOS RESULTADOS DE LOS MODELOS MULTINIVEL, CON PREDICTORES EN NIVEL 1 PARA.....	153
TABLA 31. VALORACIÓN DEL PROCESO DE MODELIZACIÓN Y DEL RESULTADO FINAL: RAZONES DE ...	155
TABLA 32. ESTADÍSTICAS DE LOS RESIDUOS DEL MODELO AJUSTADO. ....	156
TABLA 33. ESTADÍSTICOS DE AJUSTE DE LOS MODELOS.....	159
TABLA 34. EFECTO DE TAMAÑO (I).....	160
TABLA 35. EFECTO DE TAMAÑO (II). ....	160
TABLA 36. EFECTO DE TAMAÑO (Y III). ....	160
TABLA 37. COMPARATIVA DE LAS VARIANZAS DE LOS DOS MODELOS.....	162
TABLA 38. SINOPSIS DE LOS RESULTADOS DE LOS MODELOS MULTINIVEL, CON PREDICTORES EN NIVEL 1 .....	214
TABLA 39. EFECTO DE TAMAÑO (I). ....	217
TABLA 40. EFECTO DE TAMAÑO (II). ....	217

TABLA 41. EFECTO DE TAMAÑO (Y III).....	217
---	-----

## Índice de figuras

FIGURA 1. PIRÁMIDE POBLACIONAL PARA ESPAÑA (IZQUIERDA) Y PARA CANARIAS (DERECHA) PARA EL AÑO 2017. ELABORADO A PARTIR DE DATOS DEL INE.....	5
FIGURA 2. DIFERENTES NIVELES DE COMPRESIÓN DEL IMPACTO DE LAS TIC EN LA EDUCACIÓN. ....	16
FIGURA 3. EL ASCENSO DE LA ERA DE LA INFORMACIÓN DIGITAL. ....	31
FIGURA 4. NÚMERO DE USUARIOS DE TELÉFONOS INTELIGENTES EN TODO EL MUNDO DESDE 2015 HASTA 2020 .....	32
FIGURA 5. CRECIMIENTO GLOBAL DE DISPOSITIVOS MÓVILES INTELIGENTES Y CONEXIONES.....	34
FIGURA 6. NÚMERO GLOBAL DE DISPOSITIVOS CONECTADOS IoT EN MILES DE MILLONES .....	36
FIGURA 7. MAPA DE LA CIENCIA DE LA COMPLEJIDAD.....	44
FIGURA 8. MUESTRA TEÓRICA DE PENDIENTES E INTERCEPTOS ALEATORIOS. ....	76
FIGURA 9. MODELO NULO O VACÍO. ....	96
FIGURA 10. MODELO DE COMPONENTES DE LA VARIANZA EN UN MODELO DE DOS NIVELES. ....	97
FIGURA 11. VARIABILIDAD EN LOS RENDIMIENTOS EN MATEMÁTICAS, CIENCIAS Y COMPETENCIA LECTORA POR GÉNERO. ....	125
FIGURA 12. DESCRIPCIÓN DE LA VARIANZA. ....	126
FIGURA 13. DESCRIPCIÓN DE LA VARIANZA. ....	126
FIGURA 14. DESCRIPCIÓN DE LA VARIANZA. ....	126
FIGURA 15. DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES RESPUESTA. ....	131
FIGURA 16. IMPACTO DEL GÉNERO ESTUDIANTIL EN EL RENDIMIENTO MEDIDO POR CENTRO. UNA RECTA DE REGRESIÓN POR CADA COLEGIO. ....	133
FIGURA 17. NUBE DE PUNTOS, HISTOGRAMAS Y NORMALIDAD DEL MODELO VACÍO. ....	140
FIGURA 18. EFECTOS FIJOS DEL MODELO FINAL. ....	149
FIGURA 19. NUBE DE PUNTOS, HISTOGRAMAS Y NORMALIDAD DEL MODELO AJUSTADO. ....	158
FIGURA 20. GRADIENTE PARA CANARIAS PISA2015. ....	164
FIGURA 21. COMPORTAMIENTO DEL RENDIMIENTO EN MATEMÁTICAS POR CENTRO ESCOLAR PISA2009. ....	219

## Abreviaturas y anotaciones

La siguiente lista contiene las abreviaturas más utilizadas.

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AIC	Akaike Information Criterion
B2B	Busines to Busines
BIC	Bayesian Information Criterion
CA	Comunidad Autónoma
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CCAA	Comunidades Autónomas
FTTH	Fiber to The Home
HFC	Hybrid Fiber-Coaxial
LMM	Linear Mixed Models
LOMCE	Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa
LTE	Long Term Evolution
N.A.	Se refiere a que no aplica realizar el cálculo
R	Coefficiente de correlación de Pearson
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinación
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

Muchos autores e instituciones nacionales e internacionales identifican el término calidad de los servicios educativos nacionales, entre otras causas, con el aumento del rendimiento escolar del alumnado medido periódicamente. Por otra parte, observamos que, debido a los cambios que aporta la sociedad de la información, el aprendizaje con la incorporación de la tecnología electrónica es cada vez más interesante para la sociedad y las instituciones educativas, ya que apoya el concepto de aprendizaje permanente y porque el conocimiento es cada vez más importante. Esto aumenta la demanda de diversos medios y formatos educativos. Diferentes programas de educación de todo el mundo atienden a este aumento de la demanda y ofrecen nuevas formas de educación que con frecuencia son compatibles con la tecnología de la información y la comunicación [TIC] (Moore & Kearsley, 2012; Simonson, 2012; Sulcic & Lesjak, 2009).

El aprendizaje autónomo y las estrategias eficaces de autorregulación son cada vez más importantes en el aprendizaje. Sin estos, los estudiantes podrían no ser capaces de explotar las oportunidades de aprendizaje fuera de las aulas. Este estudio tuvo la intención de investigar la influencia de la situación de estudio autónomo y el uso de estrategias de autorregulación relacionado con el rendimiento académico. Pensamos que el manejo eficiente del tiempo, así como la proactividad en la búsqueda de oportunidades de aprendizaje, son necesarios para promover el uso autónomo de los recursos de aprendizaje.

Con el ánimo de poner en valor estos nuevos hábitos sociales, se centró el propósito principal de este estudio en evaluar el impacto del uso exclusivamente de las

TIC en la competencia matemática del alumnado. Mediante un análisis en base a indicadores de rendimiento escolar se ha tenido en cuenta variables específicas a nivel de estudiante, así como variables específicas de los centros escolares, con un enfoque contextualizado y jerarquizado. Con ello, pretendíamos averiguar cómo influyen el uso de las TIC al rendimiento escolar de los estudiantes y si genera autoconfianza en la autonomía del aprendizaje. Y si la influencia del uso de las TIC ha cambiado del ciclo 2009 al ciclo 2015.

## **1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Desafíos de la tecnología a la sociedad actual.**

Gran parte de los individuos de la sociedad de nuestro tiempo da por supuesto que la tecnología actual, en cualquiera de sus manifestaciones y sobre todo en el ámbito educativo, tiene un efecto positivo en la educación de la población, sin que haya habido evidencias suficientes para tomar dicha suposición como hecho irrefutable. Esto ha sido debido en gran parte a lo atractivo de los productos que la publicidad se ha encargado de mostrar excelentemente, por otra parte, a la eficacia que ha demostrado tener la nanotecnología, y finalmente a la gran producción de objetos que la industria tecnológica no ha parado de ofrecer desde hace décadas a la población hasta nuestros días.

Nos ha tocado ser testigos en la última década de un desarrollo tecnológico en bienes y servicios extraordinario. Liderados por la nube (globalización), el internet de las cosas, el *Big Data* (acelera la globalización), la inteligencia artificial, la realidad virtual, el *blockchain* (notario, decide si algo es verdad o no y lo decide por consenso), el *Machine Learning* (tecnología de la automatización en tiempo real, dota a los

ordenadores de la capacidad de “aprender” sin necesidad de que los programe el hombre), la realidad virtual (implementará experiencias e interactuará con el ser humano), 5G (implementa los ambientes inteligentes entre máquinas) y la ciberseguridad. Y todas estas tecnologías actúan unidas e interactúan simultáneamente.

El futuro científico está dirigido al desarrollo de tres grandes ciencias, a saber: la robótica, la nanotecnología, y la biotecnología. Siendo el *Machine Learning* la tecnología que le dará la aplicabilidad al mundo real.

En este contexto tecnológico están inmersos las generaciones de estudiantes actuales. Por una parte, tenemos a los denominados *millennials* o generación Y, es decir, los nacidos entre 1980 a 1995. Por otra a la denominada *post-millennials* o generación Z (nacidos a partir de 1996). Se caracterizan ambas por ser nativos digitales, pero estas generaciones son muy diferentes. Es difícil identificar lo que quieren. Los *millennials* crecieron en medio de la relativa paz y prosperidad en los años 90. Luego sus perspectivas se vieran alteradas por los ataques del 11 de septiembre de 2001 y los *cracks* financieros de 2000 y 2008. Por esto, la generación siguiente, la generación Z, ha vivido en un mundo mucho más controlado desde sus comienzos. En muchos sentidos, la generación Z comparte similitudes con los *millennials*, pero también hay distinciones clave; por ejemplo, desde un punto de vista tecnológico la generación Z nunca ha conocido un mundo sin teléfonos inteligentes y redes sociales, por lo que están más acomodados con estos bienes y servicios que los *millennials*. La generación Z procesa la información muy rápidamente y están listos para pasar de un tema al siguiente en un abrir y cerrar de ojos. Cuando observamos a los chicos y chicas de la generación Z, vemos que para ellos los segundos cuentan. Tanto es así que se ha pasado de la comunicación preferida vía chat digital (por ejemplo, con *Twitter*) para los

*millennials* a Instagram para la generación Z, es decir, a la comunicación por imágenes. Así que, es muy probable que perdamos la atención al comunicarnos en un entorno de chicos y/o chicas generación Z si la comunicación va más allá de unas pocas palabras.

Los *millennials* aún no superan a los *baby boomers* como la generación adulta más grande del país, según los datos de población del INE (Instituto Nacional de Estadística) de España (Figura 1). Según datos obtenidos en agosto de 2018, los *millennials*, a quienes definimos entre los 20 y los 34 años en 2017, sumaron 7,9 millones (0,4 millones en Canarias) y los *boomers* (entre los 50 y los 70) sumaron 11,6 millones (0,53 millones en Canarias). La generación Z ya supera en nuestro país en 1,3 millones a los *millennials*, fenómeno que también sucede ya en Canarias con una prevalencia de más de tres mil ciudadanos. También en Canarias la generación X (edades comprendidas entre 35 y 49 años en 2017) ha sobrepasado a los *boomers* en población.

La sociedad recibirá los beneficios del desarrollo tecnológico de la denominada cuarta revolución industrial (Schwab, 2017) a través de empresas emergentes o *startups*. Éstas tendrán que atraer los talentos de las generaciones Y (*millennials*) y Generaciones Z. Además, los ciudadanos pertenecientes a estas generaciones tendrán que convivir en un futuro laboral y social, entre sí y con ciudadanos de las generaciones anteriores.

El desafío que afrontamos desde el punto de vista educativo es, por tanto, grande: ¿cómo atraer el interés y desarrollar los talentos de la generación Z en el contexto de nuestro sistema educativo dentro del entorno tecnológico actual?



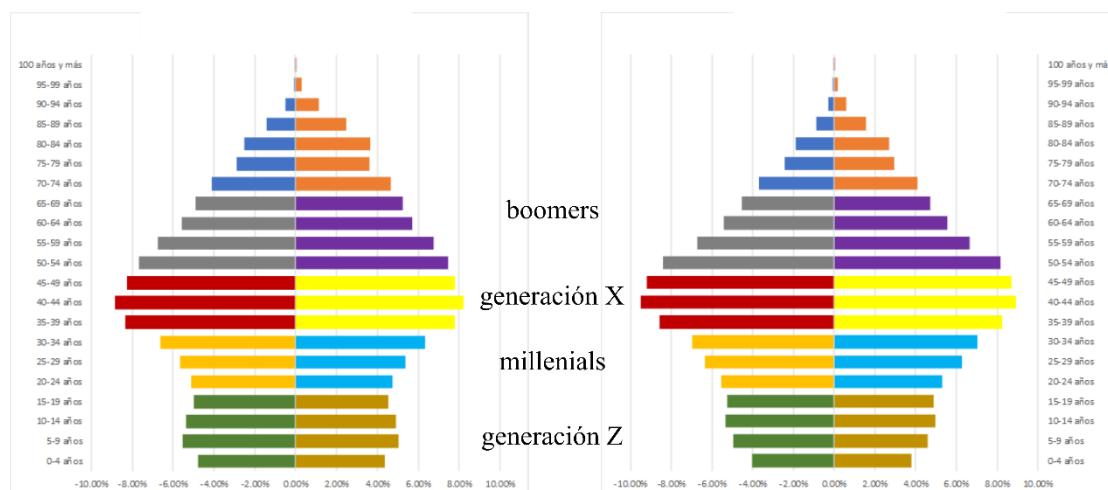


Figura 1. Pirámide poblacional para España (izquierda) y para Canarias (derecha) para el año 2017. Elaborado a partir de datos del INE.

El desarrollo del uso de las tecnologías en los ámbitos de la educación ha atraído el interés de los investigadores en educación de distintos países, y como consecuencia, se han producido muchos estudios de investigación centrados en la relación entre las tecnologías y los logros académicos. En particular, un gran número de ellos han utilizado datos de evaluación nacionales o internacionales, como los que maneja la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), para explorar esta relación y proporcionar datos comparables que permitan a los países mejorar sus políticas de educación y sus resultados académicos.

Habría que añadir también que las nuevas generaciones poblacionales están exigiendo ya Derechos Digitales. Entre otros derechos asociados con el derecho a la comunicación, la conexión a la “nube digital”. sea un derecho fundamental dentro de la carta de derechos humanos. Como defiende Saffon (Saffon, 2007):

... Esta nueva era de la sociedad de la información se caracteriza por que, como su nombre lo indica, la información se convierte en el centro de la organización social, así como en la principal fuente de riqueza y poder. Por ende, lejos de poder seguir siendo considerada una simple mercancía, la información debe concebirse

como un bien de fundamental importancia, cuyo acceso debería estar garantizado a la totalidad de la población mundial.

En esta línea la Campaña por los Derechos de la Comunicación en la Sociedad de la Información (CRIS, en inglés) con su proyecto “Gobernanza Global y Derechos a la comunicación” y el Informe MacBride (MacBride, Abel, & International Commission for the Study of Communication Problems, 1984) con su iniciativa del NOMIC (Nuevo Orden Mundial de la Información y Comunicación) apoyan también de forma corporativa este y otros derechos digitales.

La comunidad educativa e institucional tiene gran interés en conocer los efectos de la tecnología en la educación en la nueva sociedad del conocimiento. Lo que se está evidenciando en los últimos años en el sistema educativo español es que el acceso sólo a la tecnología por parte de todos los integrantes del sistema no es suficiente y, además, no se traduce automáticamente en mejores resultados de aprendizaje. Es, por tanto, necesario medir los procesos del sistema para aprender en qué, cómo y cuándo las tecnologías representan una ganancia. Con este conocimiento cabría preguntarnos si es necesario replantear la educación a consecuencia del cambio de contexto social y tecnológico. Y si, además, es pertinente un cambio de paradigma en el proceso de aprendizaje a los que están sometidos los estudiantes. En este sentido, hace tiempo que han aparecido autores que proponen un nuevo enfoque en las teorías del aprendizaje: la denominada teoría conectivista del aprendizaje o *conectivismo*. Esta es una teoría del aprendizaje para la era digital, toma como base el análisis de las limitaciones del conductismo, el cognitivismo y el constructivismo, para explicar el efecto que la tecnología ha tenido sobre la manera en que actualmente vivimos, nos comunicamos y aprendemos (Downes, 2007; Siemens, 2005). En este nuevo contexto social y público,

estos y otros autores ven un nuevo renacimiento en la aprehensión del conocimiento, en un mundo cada vez más interconectado. Mientras otros han argumentado que el conectivismo no es una teoría de aprendizaje, sino un enfoque pedagógico (Kerr, 2007; Verhagen, 2006) y que aunque la tecnología actual puede afectar a los entornos de aprendizaje, las teorías de aprendizaje existentes son suficientes (Kerr, 2007).

El problema de la investigación lo definimos de la siguiente manera: existen vacíos a nivel teórico y empírico sobre la influencia de la tecnología en el aprendizaje del alumnado en la etapa de secundaria, y este vacío es mayor en las zonas ultraperiféricas, y en especial en Canarias. Concretamente queremos saber si el uso eficaz de las tecnologías al alcance del alumnado actual favorece o perjudica el aprendizaje de las matemáticas. Los motivos de nuestra investigación son varios. Primero, contribuir a la mejora del sistema educativo, sobre todo en Canarias. En segundo lugar, contribuir a la literatura sobre el uso eficaz de las nuevas tecnologías en el ámbito de la educación y, finalmente, saber el motivo por el cual no se corresponden los rendimientos académicos en el entorno tecnológico actual.

Hemos creído el estudio viable porque lo creímos pertinente. Integrándose en la línea 2 de investigación del Departamento de Didáctica, Organización Escolar y Didácticas Especiales de la UNED, a saber: Innovación y calidad de las actuaciones y de las organizaciones educativas presenciales y a distancia: diseño, implantación, desarrollo y evaluación. Además, hemos creído la temática relevante. La tecnología como potenciadora de la educación, es decir, cómo logra dar respuesta a los problemas educativos la complejidad científica aplicada con ayuda de la tecnología. Investigar, de esta forma, cómo afrontan los nativos digitales la educación e indagar en la educación en contextos digitales lo hemos considerado de importancia y de actualidad.

Se pensó en un principio que se iban a lograr los objetivos porque estuvieron fundamentados en la experiencia docente del investigador y apoyado por autores de prestigio. Con el apoyo de métodos matemáticos para el estudio. Se hizo uso del método de investigación ex-post-facto, fundamentalmente realizado a través de la evaluación y medición de la realidad y de los fenómenos ya acontecidos. Pensamos que los efectos a largo plazo serán positivos ya que el uso de datos institucionales en educación, y la técnica estadística multinivel, nos dan un mejor conocimiento del desarrollo de las TIC en pro de un mejor rendimiento escolar. Todo esto nos llevó a valorar positivamente la eficacia del proyecto. Finalmente creemos que la investigación es sostenible porque este estudio da pie a que se sigan realizando análisis parecidos para ver la evolución en el tiempo de las propuestas de mejora sugeridas. Lo que incluye la de elaboración de un futuro proyecto de monitorización de rendimiento escolar.

El propósito de este estudio fue descubrir el grado de asociación entre el rendimiento escolar en matemáticas y el uso que de las TIC hace el alumnado en Canarias. Para lograr este propósito, el estudio examinó mediante un modelo estadístico si los factores asociados a los datos que varían en más de un nivel de análisis afectan al rendimiento escolar en matemáticas.

Un aspecto clave a considerar es que la sociedad digital actual es doblemente compleja. Por una parte, el desarrollo tecnológico nos reta a afrontar un futuro con muchas más posibilidades en todos los campos de la ciencia; y por otra parte una sociedad globalizada, muy numerosa y diversa culturalmente quiere satisfacer el máximo de necesidades posibles, ya que busca ser mejores seres humanos y más felices. Ambos, han empatizado a la perfección desde el comienzo de la cuarta revolución industrial; y esto ha traído como consecuencia un resultado multiplicador muy

complejo. Ha sido un reto para nosotros tomar consciencia de la complejidad que surge al afrontar y aceptar el desafío que presenta la sociedad del conocimiento actual. Por ello, el análisis que aquí se presenta se ha diseñado y desarrollado con la finalidad de avanzar en este campo desde de la línea 2 de investigación del Departamento de Educación de la UNED. Para crear evidencias que den apoyo a otros estudios de investigación.

De aquí que el presente estudio tenga como una segunda finalidad llenar parcialmente esta brecha en la comprensión de los problemas de rendimiento escolar de los discentes en un entorno de aprendizaje potenciado por la tecnología, y de esta manera contribuir a la investigación sobre la mejora de la calidad en educación.

La tercera finalidad de este estudio ha consistido en tratar de satisfacer los proyectos institucionales 2020 (nacionales e internacionales). Más concretamente este estudio se encuadra en el ámbito de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020, específicamente en el apartado referido a Economía y Sociedad digital, como una investigación orientada a los retos de la sociedad (Gobierno de España. Ministerio de economía y competitividad, 2013).

La cuarta finalidad de esta investigación está relacionada con el uso de datos de organismos internacionales. Concretamente hemos utilizado los datos que se han obtenido con la misma metodología para los países asociados a la OCDE, con lo que permitirá comparar resultados y conclusiones con otras investigaciones que utilicen datos PISA. Esto permite buscar evidencias de las políticas y prácticas educativas más eficaces y con mayor éxito más allá de nuestras fronteras. Las pruebas PISA se han convertido en un referente mundial para evaluar la calidad, la equidad y la eficiencia de

los sistemas escolares, permitiendo que los gobiernos y los educadores identifiquen prácticas efectivas que luego se puedan adaptar a los contextos locales.

Y, por último, para sugerir propuestas que ayuden a mejorar el logro escolar. Una vez identificados de forma analítica los factores subyacentes en nuestra hipótesis de trabajo. Estos indicadores pueden utilizarse para ayudar a construir sistemas educativos más eficientes.

La educación es un área importante de interés para los ciudadanos y para la sociedad del conocimiento. Como confirman muchos estudios internacionales, los jóvenes con mayores cualificaciones disfrutan de diversos beneficios, como pueden ser mejores salarios y condiciones laborales, mayor participación en la educación y formación para adultos y, menos probabilidades de entrar o permanecer en situación de desempleo. Por su parte, esos beneficios que disfruta el ciudadano revierten a la sociedad en forma de mayores ingresos fiscales, menor incidencia de la dependencia económica y una mejora de la capacidad innovadora.

Es por esto por lo que desde hace años los gobiernos quieren saber si sus sistemas educativos son mejorables. Y en qué aspectos modificar sus políticas sobre todo en entornos económicos adversos como los que ha pasado Europa en la última década. La OCDE decidió afrontar, desde el año 2000, el reto de diagnosticar y proponer mejoras a los sistemas educativos de los países pertenecientes a su organización.

Como consecuencia de esta iniciativa surgió el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, por sus siglas en inglés) de la OCDE, que es un estudio trianual de conocimientos y habilidades realizado entre alumnos de 15 años. Ha sido diseñado para poder efectuar comparaciones válidas entre países y culturas. Y ha

surgido a consecuencia de que los gobiernos buscan, cada vez más, comparaciones internacionales de estrategias de educación y resultados educativos a medida que desarrollan políticas para mejorar las perspectivas sociales y económicas de las personas, proporcionan incentivos para una mayor eficiencia en la educación y ayudan a movilizar recursos para satisfacer las crecientes demandas.

Un campo de mejora que se ha detectado durante los ciclos PISA ha sido aquel relacionado con las Tecnología de la Información y las Comunicaciones (TIC). Ya que las TIC están transformando la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. Esta es una realidad compleja. Tan es así que se ha convertido en una ciencia en sí misma. La revolución de las tecnologías cibernéticas lo ha cambiado todo; el capitalismo global, la política y la cultura han iniciado un proceso de fusión a un nuevo nivel (Castells & Cardoso, 2006). Todo, incluida la ciencia, se ha hecho más complejo y más rápido (Gleick, 1999). En otras palabras, la Ciencia de la Complejidad puede verse como *el estudio de los fenómenos que emergen de una colección de elementos que interactúan*, y una multitud es un ejemplo perfecto de un *fenómeno emergente*, ya que es un fenómeno que surge de una colección de personas que interactúan (Johnson & Johnson, 2011). Razón por la cual los estudiantes que no puedan desenvolverse a través de un entorno digital complejo ya no podrán participar plenamente en la vida económica, social y cultural que les rodeará una vez completen su formación.

Pero la pregunta que nos hacemos es: ¿cuáles son los factores relacionados con las TIC que (positiva o negativamente) estimulan el rendimiento académico y los resultados de la educación?

Esta investigación trata de responder a esta pregunta desde el punto de vista del aprendizaje basado en el contexto (CBL). El aprendizaje contextual se basa en una

teoría constructivista de enseñanza - aprendizaje. El aprendizaje tiene lugar cuando los profesores pueden presentar información de forma que los alumnos puedan construir un significado basado en sus propias experiencias. En resumen, CBL es un enfoque centrado en el estudiante que utiliza distintos escenarios para replicar el contexto que es fuente de estímulos para los estudiantes (Blessinger & Carfora, 2015; Hull, 1993). De modo que este estudio, basado en un análisis de los datos PISA, investiga la influencia de las TIC desde el punto de vista de lo que el alumno es capaz de aprender por sí solo, con ayuda de las tecnologías, una vez recibidas las instrucciones prescriptivas de enseñanza.

Esto va en la línea de lo que ha identificado recientemente el Foro Económico Mundial, que en sus últimos informes indica que el cambio tecnológico y los cambios en los roles laborales y las estructuras profesionales están transformando la demanda de competencias a un ritmo jamás visto. Por lo tanto, es indispensable para tener una visión positiva del futuro de los empleos lograr un consenso económico y social por parte de los gobiernos, las empresas y los individuos hacia un aprendizaje ágil a lo largo de toda la vida, así como estrategias y programas inclusivos para la capacitación y actualización de capacidades en todo el espectro profesional. Las habilidades no tecnológicas o sociales relacionadas con la tecnología son cada vez más importantes en su conjunto. Existen oportunidades significativas para asociaciones innovadoras y creativas de los gobiernos, empleadores de la industria, proveedores de educación para experimentar e invertir en nuevos tipos de educación y provisión de capacitación. Esto resultará de gran utilidad para los individuos en este nuevo contexto de mercado laboral que está por venir (Centre for the New Economy and Society, 2018).



En la literatura encontramos estudios sobre competencias las cuales se evalúan, principalmente, en términos de alfabetización y actitudes en TIC, pero no hemos encontrado investigaciones de prácticas pedagógicas (enseñanza - aprendizaje - evaluación) relacionado con sus efectos en la psique del aprendiz y en su aprendizaje.

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) incluyen computadoras, Internet y sistemas electrónicos tales como equipos de sonido, televisores y proyectores, entre otros, y es ampliamente utilizado en el campo de la educación actual. El centro escolar es un entorno importante en el que los estudiantes participan en una amplia gama de actividades informáticas, mientras que el hogar sirve como un sitio complementario ya que las actividades informáticas se ven más limitadas (Kent & Facer, 2004). Cada vez más, las TIC se aplican con éxito a la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. Además, el aprendizaje es una actividad permanente durante toda la vida donde los alumnos cambian sus expectativas buscando conocimiento, lo cual se aparta de los enfoques tradicionales. A medida que pasa el tiempo, tendrán que esperar y estar dispuestos a buscar nuevas fuentes de conocimiento (Weert, Tatnall, & International Federation for Information Processing, 2005). Por tanto, la competencia digital será un requisito indispensable para estos estudiantes en los próximos años.

Las TIC tienden a ampliar el acceso a la educación. A través de las TIC, el aprendizaje puede ocurrir en cualquier momento y en cualquier lugar. Los materiales del curso en línea, por ejemplo, pueden ser accesibles las 24 horas del día, los siete días de la semana. Las aulas telemáticas permiten tanto al alumno como al profesor interactuar simultáneamente con facilidad y conveniencia. Basados en las TIC, el aprendizaje y la enseñanza ya no dependen exclusivamente de los materiales impresos.

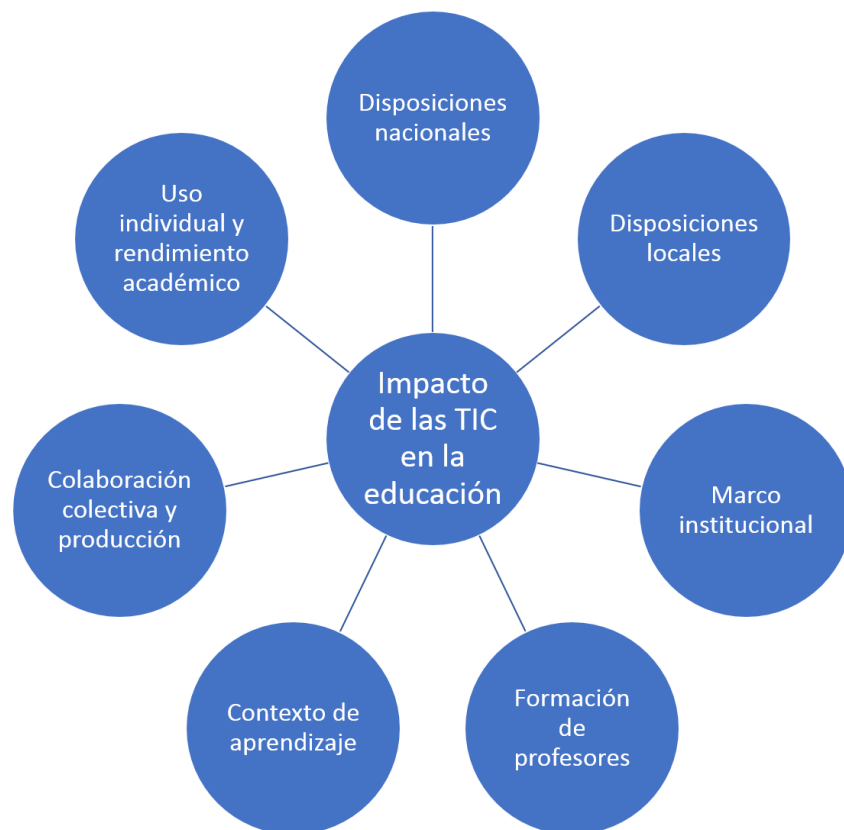
Los recursos múltiples son abundantes en el Internet, y el conocimiento se puede adquirir con las cápsulas de vídeo, las grabaciones y reproducciones de audio, la presentación visual de los productos de aprendizaje, y así sucesivamente. La investigación actual ha indicado que las TIC ayudan a transformar un entorno de enseñanza en un entorno centrado en el alumno (Sánchez & Alemán, 2011). Dado que los alumnos participan activamente en los procesos de aprendizaje en las aulas de TIC, están autorizados por el profesor a tomar decisiones, planes, etc. (Lu, Hou, & Huang, 2010). Por lo tanto, las TIC proporcionan tanto a los estudiantes como a los profesores más oportunidades y posibilidades educativas.

Asimismo, las TIC desarrollan la nueva comprensión de los estudiantes en sus áreas de aprendizaje (Chai, Koh, Tsai, & others, 2010). Las TIC proporcionan soluciones más creativas a los diferentes tipos de preguntas de aprendizaje. Por ejemplo, en una clase de lectura, los libros electrónicos se usan comúnmente en la lectura de actividades en voz alta. Los estudiantes pueden acceder a todo tipo de textos desde niveles iniciales hasta avanzados con facilidad a través de ordenadores, portátiles o tabletas digitales. Más específicamente, estos libros electrónicos pueden venir con algunas aplicaciones de lectura, que ofrecen una interfaz de lectura en voz alta, actividades de construcción de vocabulario relevantes, juegos relacionados con habilidades de lectura y adquisición de vocabulario y mucho más. Por lo tanto, las TIC incorporan aplicaciones diseñadas específicamente las cuales proporcionan formas innovadoras de satisfacer una variedad de necesidades de aprendizaje tanto dentro como fuera de los recintos educativos (Vázquez-Cano & Sevillano-García, 2018).

Desde una perspectiva del aprendizaje constructivista, las TIC ayudan a los estudiantes a centrarse en conceptos de nivel superior y no en tareas menos

significativas (Levin & Wadmany, 2006). Un estudio reciente muestra que existen correlaciones estadísticamente significativas entre el estudio con las TIC y la adquisición de habilidades de pensamiento crítico (McMahon, 2009). Asimismo, en el mismo estudio se sugiere que una mayor exposición en el entorno de las TIC puede fomentar las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes. Consecuentemente, recomienda encarecidamente a las escuelas integrar la tecnología en todas las áreas de aprendizaje y entre todos los niveles de aprendizaje. Cuando esto se hace, los estudiantes son capaces de aplicar la tecnología para el logro de niveles más altos de cognición dentro de contextos específicos de aprendizaje.

Con mucha frecuencia, el impacto de las TIC se ha vinculado exclusivamente a nivel del aprendiz. El interés, especialmente entre los legisladores, ha estado en los resultados de los estudiantes cuando hacen uso de las TIC. Sin embargo, esto no es tan fácil de descubrir cómo podría parecer. Ha sido problemático definir efectos y resultados claros, en primer lugar, porque es difícil aislar los efectos de las propias TIC, ya que la mayoría de las escuelas cambian muchos aspectos de sus prácticas de enseñanza y aprendizaje cuando comienzan a utilizarlas. Otro enfoque más exitoso sería estudiar el impacto en diferentes niveles y observar la covariación entre niveles. Esto daría una comprensión más amplia y rica del impacto que también estaría más cerca de las experiencias de los centros escolares. Una forma de definir indicadores en diferentes niveles es describirlos en niveles macro, medio y micro. Dos de los niveles de indicadores mencionados en la Figura 2 están en el nivel macro (nacional, local). Los niveles medio serían los entornos institucionales y de aprendizaje. Los niveles micro se centran en las prácticas y resultados de docentes y estudiantes (colectivos e individuales) (Scheuermann, Pedró, & European Commission, 2009).



*Figura 2.* Diferentes niveles de comprensión del impacto de las TIC en la educación. (Traducido de Assessing the effects of ICT in education: indicators, criteria and benchmarks for international comparisons).

Un tipo de aprendizaje con tecnología en el cual el aprendiz y el instructor no comparten el mismo espacio es el denominado *e-learning*, donde puede darse la coincidencia en el tiempo de ambos sujetos. A través de esta forma de enseñar el aprendiz y el instructor pueden administrar su tiempo de forma independiente. Aparecen autores en la literatura especializada que a esta estrategia le han visto beneficios, pero, sin embargo, otros consideran que no los hay. La controversia acerca de la influencia positiva de la tecnología, sobre todo de aquellas agrupadas bajo la denominación “multimedia”, y haciendo hincapié en el aprendizaje de los alumnos, lleva planteándose desde antes de la década de los años 80 del siglo pasado.

A menudo una solución educativa innovadora implica tener en cuenta una variedad de entornos de aprendizaje. Por ejemplo, la metodología de aprendizaje combinado (*blended learning*), permite que el aprendiz estudie a su propio ritmo. En ella, una situación de aprendizaje puede incluir lecturas de texto, proyectos relacionados con las actividades, asignaciones asíncronas en línea antes de la actividad final, una sesión en aula seguida de discusiones en el aula virtual además de foros de discusión. Todo esto lo gestiona el alumno en base a tres consideraciones principales: el objetivo de su formación, el conocimiento previo del alumno y el contexto en el que desarrollará e implementará su formación (R. C. Clark & Mayer, 2016).

Cinco fueron los ítems que proporcionaron información sobre el uso de las TIC para las tareas relacionadas con la escuela en el estudio PISA2015, las encuestas del Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes de la OCDE, que se realizan cada tres años. A saber: navegar por Internet para resolver trabajos escolares (por ejemplo, la preparación de un ensayo o presentación); utilizar el correo electrónico comunicándose con otros estudiantes para realizar el trabajo escolar; utilizar el correo electrónico para la comunicación con los profesores y la presentación de los deberes u otro trabajo escolar; descargar, cargar o buscar contenidos desde la página web de su escuela (por ejemplo, horarios o los materiales del curso); consultar el sitio web de la escuela para ver información (por ejemplo, en caso de ausencia de profesores).

Dentro de las variables de fondo se encuentra la poca capacidad que tienen los centros escolares de incorporar y absorber las nuevas tecnologías y en consecuencia los cambios en los métodos de enseñanza-aprendizaje, en general, suelen aparecer con moderada asiduidad. Las variables TIC son relevantes para el estudiante y producen

diferencias estadísticamente significativas en su desempeño en matemáticas en las pruebas PISA2015.

## **1.2 Preguntas de investigación.**

Las preguntas de investigación que se quieren satisfacer en este estudio son las siguientes:

1. ¿Está relacionado el uso eficaz de las TIC con el rendimiento académico en matemáticas en los centros escolares de Canarias?
2. ¿Qué variables asociadas al uso de las TIC están significativamente relacionadas con el rendimiento en matemáticas?
3. ¿Cuál es el grado de asociación entre las variables asociadas al uso de las TIC de forma significativa y el rendimiento en matemáticas?
4. ¿Qué grado de importancia tienen las variables de contexto y de proceso en el rendimiento académico en matemáticas en secundaria en Canarias?

## **CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Objetivo general**

- a) Evaluar el impacto del uso eficaz de las TIC sobre el rendimiento escolar, en un área geográfica limitada, concretamente Canarias.**

Las TIC en la educación viven una vida en la encrucijada entre la formulación de políticas basadas en la evidencia, el aprendizaje y el mundo de la tecnología que cambia rápidamente. Las partes interesadas clave (políticos, padres, profesores, líderes escolares) exigen evidencias del impacto de las TIC derivadas de la investigación, el monitoreo y la evaluación. El desafío para los responsables de la formulación de políticas es (en colaboración con la comunidad de investigación y la comunidad educativa) desarrollar una base de conocimientos sustentable para las TIC en la educación, en la que se identifiquen indicadores clave y otras fuentes de información, que permitan una mejor comprensión del uso y los efectos de las TIC para el aprendizaje. Para ello, se estudiarán variables asociadas a los procesos de enseñanza aprendizaje y de contexto que influyan en el uso eficaz de las TIC tanto por parte del alumnado como por parte de la escuela. Dada la complejidad del análisis de los datos y los resultados de los estudiantes registrados en Canarias, se ha limitado el estudio al área geográfica responsabilidad de la Comunidad Autónoma Canaria.

#### **Objetivos específicos**

### **1. Analizar los datos procedentes de las encuestas educativas hechas en Canarias por la OCDE.**

Crear una metodología de investigación sobre el tema de estudio, proponiendo un procedimiento de análisis. Queremos diseñar el plan del objeto de estudio. Es decir, un procedimiento de investigación de modo: ordenado, repetible, y auto corregible para la obtención de información que nos lleven a conclusiones válidas, partiendo de los datos procedentes de las encuestas del programa PISA.

### **2. Elaborar un modelo multinivel compuesto por indicadores basado en un modelo lineal jerárquico (HLM), que se ha mostrado eficaz en educación para estudios de las características de los estudiantes, de las escuelas y del contexto.**

El desafío y la complejidad educativa con TIC actual se basan en cómo distintos niveles y perspectivas (como las redes informáticas y sociales, el aprendizaje colaborativo asistido por computadora -CSCL-, y la búsqueda de evidencias del impacto de las TIC en la práctica educativa y en las escuelas) se relacionan entre sí. Este es un desafío de la investigación educativa en general, pero especialmente cuando se trata de entender los mecanismos involucrados en el uso educativo de las TIC. En la literatura de investigación, ahora hay una mayor conciencia hacia el análisis multinivel (van Dijk, 2005). En este estudio se pretende analizar la relación entre los individuos y los diversos contextos en los que se desenvuelven. Las hipótesis de partida de los modelos multinivel nos dicen que los individuos pertenecientes a un mismo contexto tenderán a ser más similares en su comportamiento entre sí, que respecto a su pertenencia a distintos contextos.

### **3. Utilizar un enfoque centrado en la alfabetización informacional (ALFIN).**



Como eje integrador de la investigación queremos emplear el concepto de competencia digital relacionada íntimamente con el manejo de las TIC. Esto implica el uso creativo, crítico y seguro de estas tecnologías para lograr objetivos relacionados con la empleabilidad, el aprendizaje, el ocio o la integración social.

#### **4. Contrastar los resultados del modelo multinivel con otros procedentes de la aplicación de la estadística descriptiva e inferencial.**

Se trata de poner en valor el modelo del análisis multinivel de los datos contrastándolo con otros métodos estadísticos clásicos.

## **2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

Sobre la base de estos antecedentes, se establece la siguiente hipótesis.

**Hipótesis:** el rendimiento escolar de una materia concreta se asocia positivamente con el uso racional y eficaz de las TIC en los adolescentes, que además sean útiles y compatibles con el aprendizaje de la competencia de la materia que esté aprendiéndose, en el momento y el contexto adecuados y sin elementos distorsionadores.

Además de las variables independientes multinivel, se analizaron como variables de control el género, el estatus socioeconómico y cultural, el logro de la motivación, el índice del estado ocupacional parental más elevado, y el tiempo de estudio fuera de la escuela por semana del alumnado porque no solo, muchos autores coinciden en que afectan al rendimiento escolar, sino también estos indicadores proveen información relevante sobre las características sociodemográficas de los estudiantes.

Esta investigación puede ser significativa para contribuir al área de investigación de innovación y calidad de las actuaciones y de las organizaciones educativas presenciales y a distancia: diseño, implantación, desarrollo y evaluación. Y

para plantear numerosas preguntas pertinentes para orientar futuras líneas investigativas. La principal importancia de este análisis radica en el hecho de que no existen muchos estudios que hayan explorado las causas del rendimiento académico autonómico en Canarias desde una perspectiva jerárquica multinivel. El conocimiento y la comprensión de los factores que afectan al rendimiento escolar de los estudiantes pueden proporcionar información adicional sobre la actitud de aprendizaje autónomo de los estudiantes. Conocer el poder predictivo de los factores asociados a las TIC ayudaría a las instituciones de secundaria a desarrollar programas y crear sistemas de apoyo a distancia lo que ayudará a mejorar la autonomía del aprendizaje y con ello aumentar el logro escolar. Por consiguiente, los hallazgos de este estudio pueden ayudar a optimizar aún más el proceso de aprendizaje y satisfacer mejor las necesidades de los estudiantes a distancia.

Además, esperamos de este análisis resultados valiosos debido al diseño de investigación de métodos mixtos. La necesidad de una investigación tanto cualitativa como cuantitativa para determinar hasta qué punto las variables pueden predecir el rendimiento escolar, contribuyendo y/o impidiendo el éxito académico.

Es de gran relevancia explorar las posibles razones por las que los estudiantes evaluados alcanzan o no niveles adecuados de competencia. La información que se recaba mediante los cuestionarios que se aplican con las pruebas permite hacer este tipo de exploración, teniendo siempre en cuenta que las conclusiones a las que se llegue se deberán tomar con prudencia, puesto que no contarán con la base más sólida para llegar a interpretaciones en términos causales, que sólo ofrecen diseños de investigación más complejos, como son los de tipo experimental. Con la salvedad anterior, la rica

información que ofrecen los estudios basados en datos PISA pueden aprovecharse para hacer estudios que vayan más allá de la simple descripción de los resultados.

La investigación en ciencias sociales, en particular en ciencias de la educación, debe abordar varios problemas estadísticos específicos que surgen debido al tipo de datos que se recopilan y al tipo de preguntas de investigación que se abordan. Los datos multinivel son relevantes en el contexto de las ciencias de la educación porque surgen muy a menudo y su modelado nos permite estudiar preguntas de investigación únicas. Por ejemplo, las preguntas sobre el efecto de diferentes cursos o sobre los efectos escolares se responden con datos que tienen una estructura jerárquica porque los estudiantes están agrupados en niveles y centros escolares. En cuanto al modelado de la estructura jerárquica de los datos, los modelos lineales multinivel nos permiten estudiar y modelar características específicas de los datos. Por ejemplo, podemos modelar cómo se distribuye en diferentes niveles no solo la varianza sino también medir el efecto de las variables (Hox, Moerbeek, & van de Schoot, 2010).

## CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

### 1. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Aunque las ventajas de usar las TIC en el aula han sido demostradas en investigaciones previas, existen barreras o desafíos asociados con su uso. Se ha llegado a demostrar que la movilidad de los estudiantes, las necesidades especiales y la ansiedad sobre los resultados estandarizados de las pruebas son los principales desafíos asociados con el uso de las TIC (Frederick, Schweizer, & Lowe, 2006). Estos desafíos pueden resolverse proporcionando actividades de aprendizaje auténticas basadas en grupos y problemas, y un apoyo adecuado al aprendizaje (Whelan, 2008). También se han identificado más barreras desde la perspectiva del estudiante, incluyendo: habilidades técnicas básicas que restringen el acceso a las TIC en el aula; un número insuficiente de asesores académicos y la falta de retroalimentación oportuna de los profesores; y la poca interacción entre compañeros y profesores. En consecuencia, hay autores que recomiendan las siguientes estrategias para facilitar el proceso de aprendizaje: más formación inicial y orientativa y mejor adiestramiento para los estudiantes; un mayor énfasis en la importancia del acceso de los profesores y una administración más eficaz; y la expansión de *podcasting* (distribución de archivos multimedia) y herramientas de conferencia en línea. En general, se requieren el fortalecimiento de capacidades, desarrollo curricular, infraestructura, políticas y apoyo gubernamental para reducir las barreras estudiantiles y mejorar la eficacia del uso de las TIC en el aula. Además, se aconseja a los estudiantes a adquirir habilidades técnicas específicas para facilitar el aprendizaje en entornos de TIC (Sánchez & Alemán, 2011).

Ante un primer momento de euforia social a principios del siglo XX, en el que parecía que la aparición de nuevos objetos tecnológicos en los medios de comunicación

de masas produciría un cambio metodológico y, por tanto, mejoras en el sistema educativo sobre todo en lo relativo al rendimiento escolar. Esto no fue así, evidenciándose en muchas ocasiones que la enseñanza del instructor era la única influyente en el aprendizaje, y no los medios que se utilizaban (R. E. Clark, 1983). Pero no todos los investigadores estuvieron ni están de acuerdo.

La metodología empleada en el proceso de aprendizaje requiere de instrumentos que dependen de la estrategia que se emplee en un momento dado. Estos instrumentos han ido evolucionando y además han aparecido otros nuevos. La sociedad de la información pone a prueba nuestra capacidad individual de aprovechar el poder de las tecnologías emergentes, y esta dependerá de la creatividad de los diseñadores, de su capacidad para explotar las potencialidades de los medios de comunicación de masas y de nuestra comprensión de la relación entre estas capacidades y el aprendizaje (Kozma, 1991). Ya hay estudios realizados por investigadores (Li & Ma, 2010; Mayer, 2003), donde muestran efectos positivos de la tecnología sobre el rendimiento escolar. Un enfoque más actual apunta a que el aprendizaje con la tecnología es causado por la metodología empleada con ella, ya que estimula la adquisición y fijación de conocimientos, pero no por el hecho de usar los instrumentos tecnológicos en la instrucción (Mayer, 2010).

Mayor dificultad se observa en el acto de intervención educativa. ¿Qué recursos y usos de la tecnología tienen un impacto positivo y cuáles no? ¿Cuál es la frecuencia adecuada de uso tecnológico a partir del cual resulta contraproducente el uso de la tecnología? Recientes investigaciones apuntan sobre los inconvenientes de la frecuencia elevada de uso de las tecnologías, descubriendo que la cantidad de uso por sí sola no es importante en el aprendizaje (Lei & Zhao, 2007). Por otra parte, dos de

cada tres estudiantes europeos utilizan Internet para obtener información a la hora de hacer sus tareas. A pesar de las actitudes positivas mencionadas anteriormente, se observó un mayor nivel de actitudes negativas entre los estudiantes de aquellos países con bajo nivel de acceso a las TIC (Oana & Carmen, 2014). De acuerdo con lo anterior, se concluye que se debe también poner el énfasis en la calidad del uso y no solo en el acopio de recursos tecnológicos.

Varios estudios encontraron que la disponibilidad y el uso de la tecnología tuvieron efectos positivos, en el rendimiento de los estudiantes, encontrando habilidades digitales adquiridas principalmente a través del aprendizaje mediante el uso de la tecnología en el hogar, y no tanto a través de la instrucción directa en el aula (Braak & Kavadias, 2005; Kuhlemeier & Hemker, 2007; Lauman, 2000; Zhong, 2011). Otros trabajos destacan mejoras en los resultados de la educación escolar con TIC bajo la perspectiva del uso de las computadoras domésticas como referencia y promover el aprendizaje exploratorio, es decir, inicial y experimental con TIC, en el aula (Mumtaz, 2000). Más recientemente, investigaciones hechas a los estudiantes turcos, utilizando el conjunto de datos PISA 2009, dieron como resultado que el uso de las TIC por parte de los estudiantes fuera del horario escolar, tenía un mayor impacto en sus logros matemáticos y científicos que su uso en la escuela (Delen & Bulut, 2011). Por el contrario, otras investigaciones solo encuentran una influencia marginal en la predicción de sus logros académicos. Esta conclusión es corroborada por resultados de las pruebas PISA 2000 y 2003, que muestran un pequeño impacto en los rendimientos en matemáticas (Wittwer & Senkbeil, 2008; Woessmann & Fuchs, 2004).

Esta diversidad de posturas podría deberse a que la relación entre el uso de las TIC y el rendimiento escolar está influenciada por otras variables de fondo, y variables

relacionadas con el proceso instructivo. Bajo este enfoque encontramos estudios, basados en datos PISA, donde el uso de las TIC explicó una porción significativa de la varianza general en el rendimiento matemático, si bien la enseñanza TIC de la escuela se reveló más importante que las características TIC de los estudiantes cuando se utilizan las tecnologías, es decir, el apoyo a nivel escolar es esencial para aumentar los impactos en el aprendizaje con las TIC (Song & Kang, 2012).

En particular, Weinstein y sus colaboradores sostienen que el valor educativo de las TIC se incrementa al favorecer los puentes construidos por estrategias de elaboración creando un significado personal para el aprendiz, una razón por la cual la nueva información es importante para que el estudiante recuerde a largo plazo; por consiguiente, el alumno aprende con más facilidad lo que tiene valor personal, es decir, lo que tiene sentido para él y lo puede relacionar con lo ya aprendido (Weinstein, Ridley, Dahl, & Weber, 1989).

Al poner gran cantidad de información al alcance de sus sentidos, la competencia de aprender a aprender adquiere un valor muy importante. Saber obtener y discriminar la información de valor toma un papel relevante a la hora del aprendizaje, y satisfacer las necesidades de los estudiantes con diferentes habilidades, motivaciones e intereses. Por tanto, las TIC usadas de forma eficaz pueden beneficiar: el aprendizaje repetitivo, la memorización, estimular conexiones mentales, buscar formas alternativas de encontrar soluciones, así como estimular la creatividad mediante estrategias del tipo pensamiento lateral (De Bono, 1967).

Visto que las tecnologías de la información brindan mayores oportunidades para crear nuevas experiencias de aprendizaje, donde los estudiantes se sientan más partícipes del proceso de enseñanza-aprendizaje (Crawford, Gordon, Nicholas, &

Prosser, 1998); y aunque las herramientas de la tecnología no solucionan los hábitos culturales existentes y aprehendidos de los estudiantes, sí ayudan a generar entendimiento académico (Orton-Johnson, 2009). Algunos investigadores encontraron que el uso de computadoras en el hogar se asoció con un mejor rendimiento académico (Wittwer & Senkbeil, 2008); cuando los estudiantes tienen, por ejemplo, dificultades en las tareas, pueden confiar en las TIC para actividades tales como buscar en Internet información relevante o comunicarse con profesores y compañeros de clase a través de correo electrónico y salas de chat.

Según Jonassen, se puede argüir que los estudiantes mejorarían su nivel competencial debido a que utilizan la computadora en casa como una herramienta cognitiva que los implicaría en las actividades de resolución de problemas, de una manera autodeterminada, la cual a su vez desarrollaría sus logros académicos (Jonassen, 2000). Este es precisamente el enfoque que se ha elegido en esta investigación como definición del uso eficaz de las TIC.

Uno de los descubrimientos en el uso de las TIC más significativos es la influencia de estas en las variables intermediarias, como motivación y concentración de los estudiantes. Sin embargo, hay investigaciones que observan también que la sola presencia del computador no es suficiente para fomentar la motivación (Passey, Rogers, Machell, McHugh, & Allaway, 2004). Esto ocurre especialmente en el caso de estudiantes cuyo uso de las TIC fuera de la escuela es mayor al uso dentro de la escuela. Para que el uso de las TIC sea motivante en los centros escolares, este debe ir acompañado de tareas de aprendizaje y orientaciones apropiadas propuestas por el profesor. A través de la mejora de la motivación, las TIC repercuten en la calidad del trabajo de los alumnos, pero para que los objetivos propuestos sean plenamente



alcanzados, las TIC deben utilizarse para apoyar el aprendizaje de las materias académicas, es decir, sólo abordando cuestiones relacionadas con la participación y la presentación de la tarea.

## **2. UNA REALIDAD CADA VEZ MÁS COMPLEJA.**

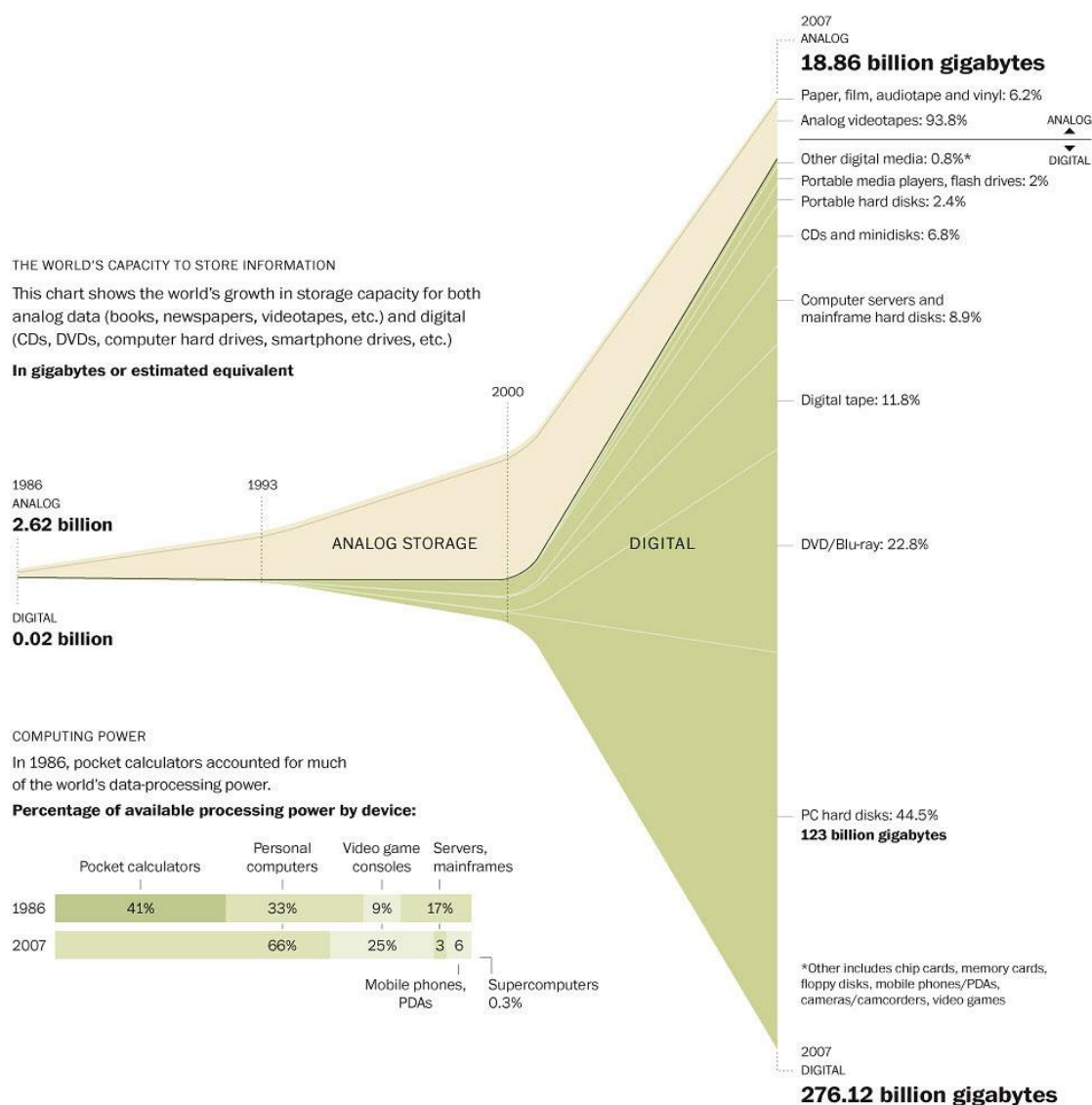
### **TRANSFENOMENALIDAD, TRANSDISCIPLINARIEDAD E INTERDISCURSIVIDAD.**

Las personas, las empresas de productos y servicios y la manera en que nos relacionamos y compramos están en un proceso de cambio cada vez más acelerado. Tanto que para intentar comprenderlo hace tiempo que muchos investigadores han adoptado el término de *disrupción digital*. La *disrupción digital* es una transformación causada por las tecnologías digitales emergentes y nuevos modelos de negocios. Estas nuevas tecnologías y modelos innovadores pueden afectar el valor de los productos y servicios existentes ofrecidos en la industria. Esta es la razón por la cual se utiliza el término “*disrupción*”, ya que la aparición de estos nuevos productos/servicios/empresas digitales cambia el mercado actual y provoca la necesidad de un replanteo de la situación y modo de operar dentro de los mercados. Un ejemplo de ello fue el caso de las ventas de libros electrónicos en 2007. Amazon presentó el lector electrónico Kindle terminando el año 2007, lo cual representó aproximadamente una cuarta parte de la venta de todos los libros comerciales a finales de 2013. El precio agresivo (bajo) de Amazon de los libros electrónicos dio lugar a acusaciones de que los libros electrónicos estaban llevando a la quiebra a los vendedores de libros físicos.

En la investigación realizada por Martin Hilbert y Priscila Lopez (2011), de la University of Southern California, teniendo como marcos los años 1986, 1993, 2000 y

2007, se evidencian el paso de lo analógico a lo digital y la cantidad de informaciones generadas y almacenadas en medios como libros, periódicos, videotapes, cd's, dvd's, discos duros y teléfonos inteligentes. Los datos de fabricantes de teléfonos móviles, de ventas de ordenadores, de la industria cinematográfica y fonográfica formaron el conjunto de las más de 1110 fuentes consultadas por los investigadores, ilustrada en la infografía (Figura 3) hecha por Todd Lindeman y Brian Vastag. Según esta investigación, ya en el año 2007 el 94% de la información generada tenía soporte en formato digital y el año 2002 fue considerado como el inicio de la era digital (Vastag & Lindeman, 2011).

¿Qué se espera de la *disrupción digital* y que harán los *disruptores digitales*? Nos ayudarán a perder peso y decidirán cómo peinarlos el cabello para salir los viernes por la noche. Nos darán otra perspectiva de las lecciones que se imparten a nuestros hijos. Nos darán un informe de las fases de sueño REM cada mañana. Ayudarán a las empresas a obtener información cien veces más útil de la base de datos de clientes, a una centésima parte del costo. Nos ayudarán a curar enfermedades graves o, mejor aún, nos vigilarán las 24 horas del día para averiguar si corre el riesgo de enfermarse. Nos ayudarán a elegir el mejor restaurante tailandés y, mientras tanto, nos avisarán que nuestros hijos han tomado el autobús y se han ido a otra ciudad, en lugar de ir a la escuela. Se identificarán mejor las necesidades de los clientes y la capacidad de responder a ellas. Los usuarios de la *disrupción digital* podrán hacerlo más rápido, gastando menos y teniendo un mayor impacto en la experiencia del cliente que nadie antes que ellos (McQuivey, 2013).

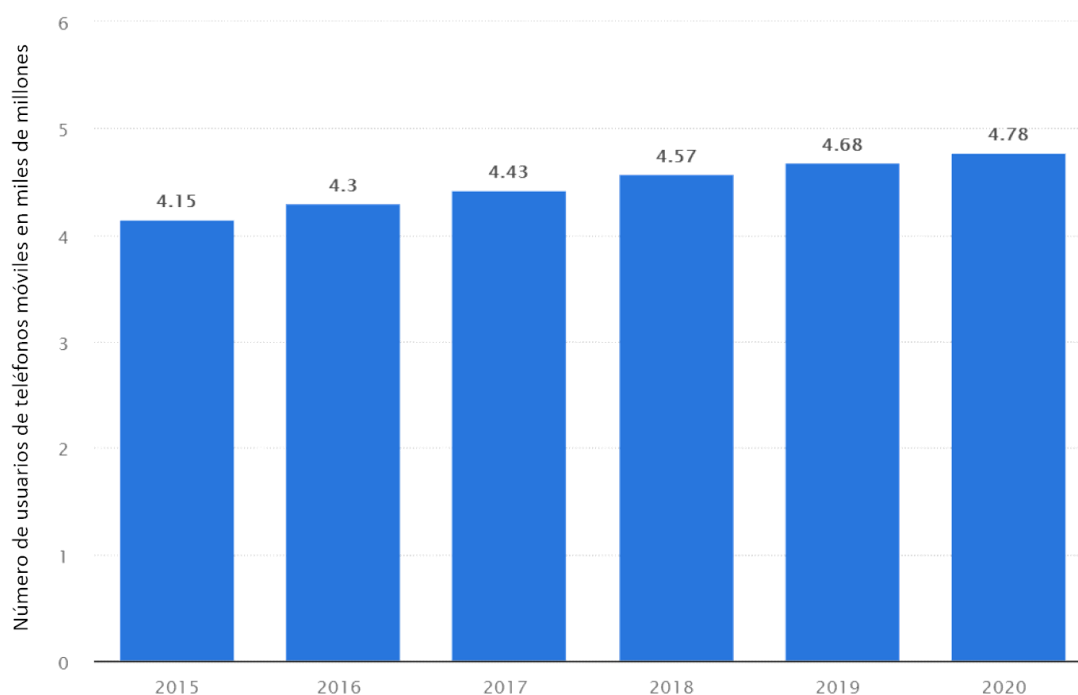


*Figura 3.* El ascenso de la era de la información digital. Los investigadores de la Universidad del Sur de California tardaron cuatro años (1986, 1993, 2000 y 2007) y extrapolaron números de aproximadamente 1100 fuentes de información. Todd Lindeman y Brian Vastag (2011).

Parece ser que el crecimiento de la población mundial no es un factor influyente en la *disrupción digital*. Según los datos de la población mundial de la ONU, en 2017 había 7,6 mil millones de personas en el planeta (United Nations, 2017). Estas cifras continúan aumentando, pero la tasa de crecimiento se está desacelerando. La tasa promedio de crecimiento de la población mundial (CAGR, en inglés) en los últimos sesenta años ha sido del 1,7% (1,12% en 2017). La tasa proyectada de crecimiento de la población se reducirá a poco menos del 1% en los próximos cuarenta años según

Naciones Unidas. Esto se debe a que a medida que crece la longevidad esta es compensada por menores tasas de fertilidad. El mundo está en un estado de crecimiento estable. Por tanto, no hay evidencia en los datos de población básicos que respalden la *disrupción digital* ni los fenómenos de disrupción exponencial.

Una mayor conectividad en todo el mundo es uno de los factores que facilitan la disrupción. El número de teléfonos móviles en uso ha aumentado rápidamente en los últimos quince años.



*Figura 4.* Número de usuarios de teléfonos inteligentes en todo el mundo desde 2015 hasta 2020 en miles de millones (<https://www.statista.com>).

La Figura 4 muestra el número total de usuarios de teléfonos móviles en todo el mundo desde 2015 hasta 2020. En 2019, se prevé que la cantidad de usuarios de teléfonos móviles alcance los 4,68 mil millones y los 4,78 mil millones en 2020.

En 2016, se estimó que el 62,9 por ciento de la población mundial ya poseía un teléfono móvil. Se prevé que la penetración de los teléfonos móviles continuará creciendo, alcanzando hasta un 67 por ciento para 2019. China tuvo poco más de 1400 millones de conexiones móviles en 2017, mientras que India alcanzó más de 1000 millones. Para 2019, se espera que China alcance casi 1500 millones de conexiones móviles y que India alcance casi 1100 millones.

La mayor parte del crecimiento del mercado móvil puede atribuirse a la creciente popularidad de los teléfonos inteligentes. Para 2014, alrededor del 38 por ciento de todos los usuarios de móviles eran usuarios de teléfonos inteligentes. Para 2018, se espera que este número llegue a más del 50 por ciento. Se espera que la cantidad de usuarios de teléfonos inteligentes en todo el mundo aumente en mil millones en un lapso de cinco años, lo que significa que se espera que la cantidad de usuarios de teléfonos inteligentes en el mundo alcance los 2,7 mil millones para 2019. Samsung y Apple son los principales proveedores de teléfonos inteligentes, con aproximadamente 18 por ciento de la cuota de mercado de cada uno.

Para 2017, el volumen total (teléfonos móviles inteligentes en uso) superó los 8,5 mil millones en comparación con una población de solo 7,6 mil millones. Hay más teléfonos en uso que las personas que habitan en el planeta. El fenómeno no persistirá indefinidamente. Se prevé que la tendencia se revertirá a finales de siglo.

La cantidad de usuarios de teléfonos inteligentes aumentó de menos de mil millones de unidades en 2010 a aproximadamente 4,15 mil millones en 2015 y 4,3 mil millones en 2016. Las reservas de móviles convencionales (no inteligentes) alcanzaron su punto máximo en 2015 en alrededor de 5,5 mil millones. Se espera que disminuyan a 3300 millones para 2020. Asimismo, se espera que la cantidad de teléfonos en uso

superen los 9,0 mil millones en 2020 a medida que la reserva total de teléfonos inteligentes aumente a poco menos de seis mil millones de unidades. Esto se debe a que los ciclos de vida se imponen en estos productos.

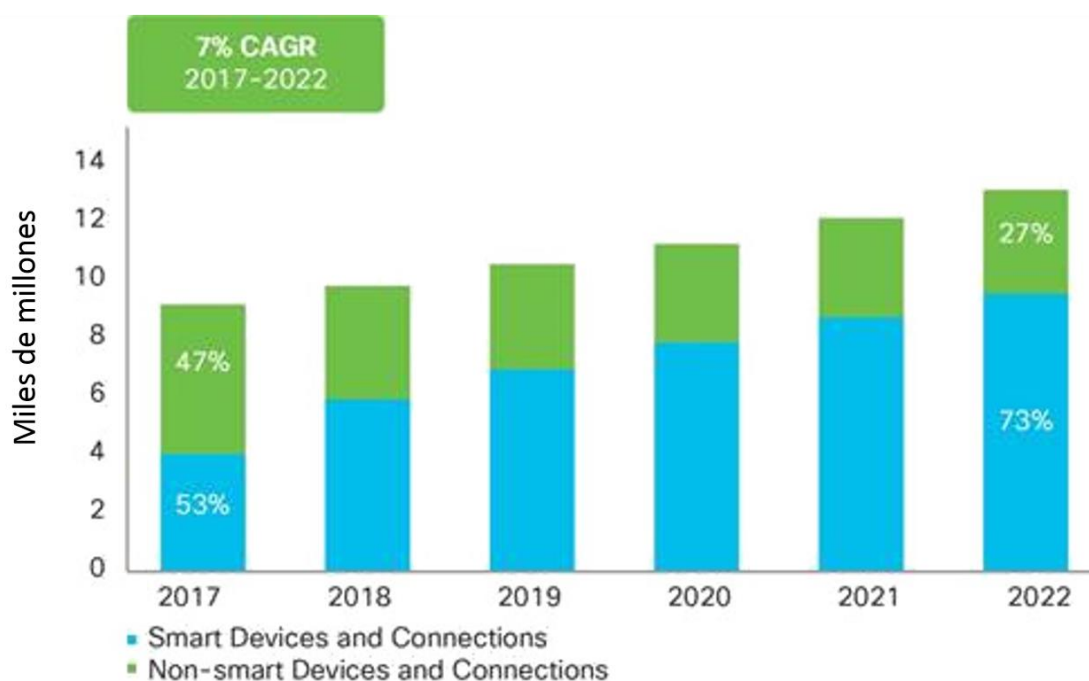


Figura 5. Crecimiento global de dispositivos móviles inteligentes y conexiones. Nota: Percentages refer to device and connections share. Cisco VNI Mobile, 2019. (<https://www.cisco.com>)

Por supuesto, hay muchas maneras de conectarse a internet. Ampliamos nuestra investigación en “Dispositivos conectados digitalmente” (Figura 5). Incluimos en nuestro análisis: ordenadores de escritorio y portátiles, tabletas, *phablets* y teléfonos. Según nuestro conjunto de datos, el número de "Dispositivos conectados digitalmente" ha aumentado de menos de mil millones en 2009 a alrededor de 5,0 mil millones en 2014. Hay consenso en identificar al año 2016 como el año de singularidad, es decir, en el que el número de dispositivos conectados digitalmente fue igual al número de personas en el planeta. Desde un nivel de alrededor de 7,4 mil millones en 2015, se prevé que la cantidad de dispositivos con capacidad de conectarse digitalmente

aumentará a alrededor de 11 mil millones para 2020, alcanzando un máximo de alrededor de 15 mil millones para 2030.

Se estima que la cantidad de “objetos cotidianos conectados a internet” podría ser de más de 50 mil millones para 2020. Según la empresa consultora y de investigación de las tecnologías de la información Gartner, habrá cerca de 21 mil millones de dispositivos en Internet para 2020 (Hung, 2017). ABI Research estima que más de 30 mil millones de dispositivos estarán conectados de forma inalámbrica a Internet para 2020. Una estimación razonable estaría rondando los 50 mil millones suponiendo que los dispositivos digitales conectados se mantengan sobre 11 mil millones (Bay, 2013).

A la lista de dispositivos digitales hay que añadir electrodomésticos, ropa conectada, dispositivos médicos, transporte, edificios y ciudades. Además de los cuerpos inteligentes, los hogares inteligentes, los autos inteligentes, las redes inteligentes, las granjas inteligentes, las carreteras y las ciudades inteligentes.

La definición jurídica de “cosas” en el Internet de las Cosas será una “mezcla inseparable de hardware, software, datos y servicios”. Las personas estarán conectadas a Internet a través de dispositivos internos y externos. Los marcapasos se conectarán a servidores especializados y ofrecerán analíticas en tiempo real. El dispensador digital ofrecerá comentarios sobre el consumo de medicamentos y los niveles de dosificación. Los nanobots recorrerán las venas y transmitirán datos importantes sobre el recuento celular, los niveles de azúcar y los trastornos genómicos.

A medida que disminuye el coste de los componentes electrónicos, junto con el coste y el tiempo de procesamiento de los datos, el desafío de los datos se volverá mucho mayor.

El crecimiento de la conexión global se debe principalmente a los dispositivos IoT (*Internet of Things*, en inglés), tanto en el lado del consumidor (por ejemplo, Smart Home) como en el lado de la empresa B2B (por ejemplo, la maquinaria conectada). Se espera que la cantidad de dispositivos IoT que están activos aumente a 10 mil millones para 2020 y 22 mil millones para 2025 (Figura 6). Esta cantidad de dispositivos IoT incluye todas las conexiones activas y no toma en consideración los dispositivos que se compraron en el pasado pero que ya no se usan.

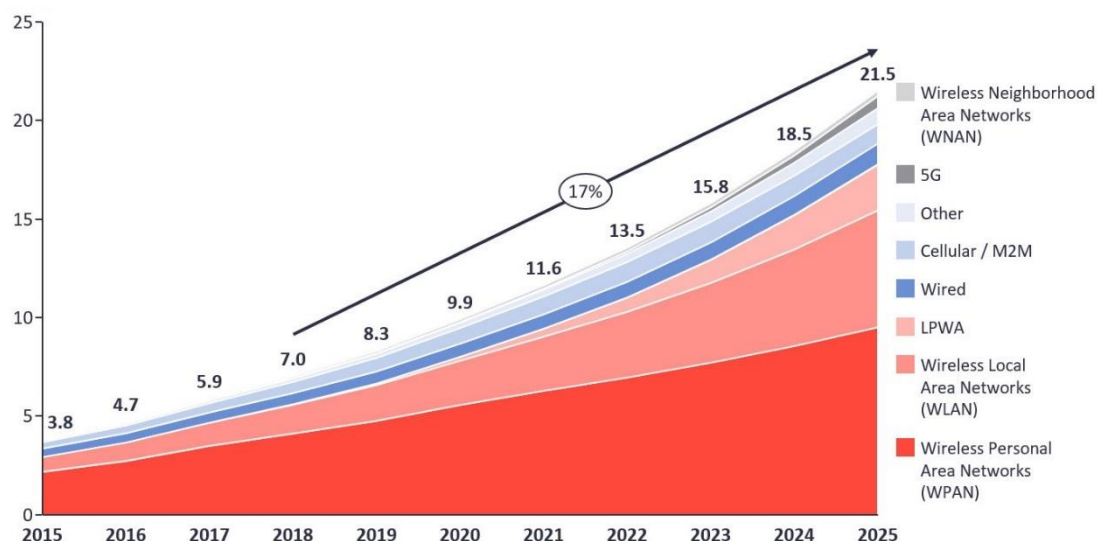


Figura 6. Número global de dispositivos conectados IoT en miles de millones. Se cuentan los nodos y dispositivos activos o las puertas de enlace que concentran los sensores finales, no cada sensor y/o actuador. (IoT Analytics Research, 2018).

Hay investigadores que defienden que en 2015 se produjo más publicaciones cada día que desde el nacimiento de la imprenta en los primeros 555 años. La tasa de aumento es exponencial. Los videos, las fotos, los mensajes de audio y las publicaciones del blog se transmiten a Internet en una proporción cada vez mayor. Eso supone mucha información y mucha necesidad de almacenar.

Según el Cisco Cloud Global Index 2015, el tráfico anual del centro de datos alcanzará los 10,4 Zettabytes a finales de 2019, un poco más que los 3,4 Zettabytes de



2014. El tráfico global de la nube alcanzará los 8,6 Zettabytes desde 2,1 ZB durante el mismo período. Los datos creados por Internet de todo superarán los 500 ZettaBytes para 2020 frente a los 150 ZettaBytes en 2015. Eso es más de la mitad de un Yottabyte cada año y es probable que aumente aun más.

La conectividad digital está facilitando el proceso de *disrupción digital* al reducir el acceso a las barreras del mercado y al reducir el coste de captación de clientes o el coste de las adquisiciones de proyectos y servicios. Una consecuencia de la conectividad es que la transmisión oral será en gran parte sustituida por la transmisión digital medida en *bytes*.

El almacenamiento de datos, por otro lado, se está volviendo más accesible para las empresas nuevas y de rápido crecimiento. La rápida elasticidad empresarial será muy importante para los proveedores de servicios en la nube. Los *startups* van a poder beneficiarse de la rivalidad entre las nubes de Amazon Web Services, Google, HP e IBM cloud.

El uso de la nube personal ha aumentado de cero en 2010 a más de mil millones de usuarios en 2015 y aumentará a 2,5 mil millones en 2020. El volumen de datos almacenados ha aumentado de cero en 2010 a 17 Exabytes en 2015 y aumentará a 45 Exabytes en 2020. Surgiendo recientemente nuevas industrias para adaptarse al crecimiento de la era digital y al almacenamiento en la nube personal y/o de pequeñas empresas.

### **3. COBERTURA DE BANDA ANCHA EN CANARIAS EN 2018**

El Ministerio de Economía y Empresa ha publicado el informe “Cobertura de Banda Ancha en España” correspondiente a junio de 2018. Este estudio analiza la

cobertura en hogares de las infraestructuras para prestación de servicios de banda ancha tanto por tecnología como por velocidad en sentido descendente.

La tecnología con mayor cobertura tanto en el ámbito nacional como en Canarias sigue siendo la tercera generación avanzada de telefonía móvil (UMTS con HSPA), a poca distancia de la cuarta generación (LTE). El ADSL  $\geq$  2 Mbps es la tecnología fija con mayor presencia en Canarias, seguida del FTTH.

Respecto al año 2017, la cobertura del FTTH registra un incremento de seis puntos porcentuales en España y once en Canarias. El resto de las tecnologías tiene pocas variaciones; en Canarias, se puede mencionar la aparición de tecnologías inalámbricas de servicio fijo de más de 30 Mbps en la provincia de Santa Cruz de Tenerife.

La Tabla 1 resume los principales datos de Canarias en comparación con la media nacional y los resultados de mediados de 2017. La cobertura en las Islas es inferior a la media nacional para todas las tecnologías consideradas a excepción del LTE y del UMTS.

Tabla 1.

Resumen de los principales datos de Canarias en comparación con la media nacional y los resultados de mediados de 2017

Cobertura	Canarias 2017	España 2017	Canarias 2018	España 2018	Posición 2017	Posición 2018
Por tecnología						
ADSL $\geq$ 2 Mbps	84,5%	90,0%	84,3%	89,8%	14 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>
ADSL $\geq$ 10 Mbps	59,6%	71,9%	59,4%	71,7%	16 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>
VDSL $\geq$ 30 Mbps	9,8%	11,8%	9,8%	11,8%	15 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>
HFC	32,2%	48,8%	32,2%	48,9%	14 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>
FTTH	63,3%	71,4%	74,1%	77,4%	11 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>
Inalámbrica $\geq$ 2 Mbps	21,9%	57,5%	21,8%	59,8%	13 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>
Inalámbrica $\geq$ 30 Mbps	0,0%	14,1%	5,7%	11,4%	15 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>
UMTS HSPA (3,5G)	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	8 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
LTE (4G)	98,1%	97,2%	99,8%	99,5%	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>

Banda ancha fija por  
velocidad en sentido  
descendente

BA $\geq$ 2 Mbps	91,7%	97,3%	92,4%	97,6%	15 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>
BA $\geq$ 10 Mbps	82,5%	91,5%	85,9%	92,5%	16 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>
BA $\geq$ 30 Mbps	66,8%	80,9%	76,8%	85,1%	14 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>
BA $\geq$ 100 Mbps	64,0%	76,1%	74,6%	80,9%	13 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>
BA $\geq$ 2 Mbps	91,7%	97,3%	92,4%	97,6%	15 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>
BA $\geq$ 10 Mbps	82,5%	91,5%	85,9%	92,5%	16 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>

*Nota.* Reimpreso de Consejería de economía, industria, comercio y conocimiento. Gobierno de Canarias (<https://www.octsi.es>).

La cobertura de las distintas tecnologías se ha equilibrado en las dos provincias canarias (véase la *Tabla 2*), a excepción de la mayor huella de HFC en Las Palmas y de una mayor presencia de tecnologías inalámbricas de servicio fijo en Santa Cruz de Tenerife.

Destaca la evolución de la cobertura del FTTH, que ha sido de más de ocho puntos porcentuales en la provincia de Las Palmas y superior a trece puntos porcentuales en la de Santa Cruz de Tenerife. Consecuentemente, la cobertura conjunta de las tecnologías fijas de alta ( $\geq 30$  Mbps) y muy alta ( $\geq 100$  Mbps) velocidad se han igualado, aunque siguen siendo algo superiores en la provincia oriental.

Tabla 2.

Resumen de los datos en las dos provincias canarias.

Cobertura	Las Palmas 2017	Las Palmas 2018	S/C de Tenerife 2017	S/C de Tenerife 2018
Por tecnología				
ADSL $\geq$ 2 Mbps	83,2%	83,0%	86,0%	85,6%
ADSL $\geq$ 10 Mbps	59,5%	59,4%	59,8%	59,5%
VDSL $\geq$ 30 Mbps	9,9%	9,9%	9,6%	9,6%
HFC	35,7%	35,6%	28,5%	28,5%
FTTH	67,0%	75,3%	59,4%	72,9%
Inalámbrica $\geq$ 2 Mbps	2,3%	2,3%	42,9%	42,8%
Inalámbrica $\geq$ 30 Mbps	0,0%	0,0%	0,0%	11,8%
UMTS HSPA (3,5G)	99,9%	99,9%	100%	99,9%
LTE (4G)	98,2%	99,7%	98,0%	99,8%

Banda ancha fija por velocidad  
en sentido descendente

BA $\geq$ 2 Mbps	91,5%	92,4%	91,8%	92,4%
BA $\geq$ 10 Mbps	84,4%	86,8%	80,5%	84,9%
BA $\geq$ 30 Mbps	70,5%	77,3%	62,8%	76,3%
BA $\geq$ 100 Mbps	67,7%	75,9%	60,0%	73,2%

*Nota.* Reimpreso de Consejería de economía, industria, comercio y conocimiento. Gobierno de Canarias (<https://www.octsi.es>).

#### 4. LA COMPLEJIDAD DEL CONOCIMIENTO

El término “complejidad”, en el marco que nos compete, suele referirse a estudiantes individuales, a grupos de neuronas, aulas, al mundo de los adolescentes, a la sociedad, o a cualquiera de una serie de colectivos coherentes que son relevantes para el proyecto educativo.

Y así, si bien llama la atención sobre el carácter transfenomenal de la educación (comprensión e interpretación personal, a varios niveles), el pensamiento complejo al mismo tiempo pone de relieve la necesidad de diversas categorías de experiencia y metodologías diversas al estudiar cualquier aspecto del esfuerzo educativo. En otras palabras, un fenómeno tan “simple” como la comprensión personal exige una actitud transdisciplinaria.

Al igual que la fenomenalidad implica una especie de salto de nivel, la transdisciplinaria obliga a una especie de cruce de fronteras: la necesidad de salir de los marcos y métodos limitantes de las disciplinas específicas de los fenómenos. Tal vez, obviamente, esta realización sirve como una poderosa refutación de la afirmación de principios del siglo XIX de que la educación es “psicología aplicada”, o la afirmación más reciente de que la enseñanza debe interpretarse como una “ciencia aplicada del cerebro” (Zull, 2002). Claramente, tales formulaciones no tienen en cuenta

la complejidad del fenómeno en cuestión. Por supuesto, esta no es una nueva perspectiva de la educación o la investigación educativa, donde no es raro encontrar referencias a neurología, psicología, sociología, antropología y otros dominios en el mismo trabajo de investigación. Sin embargo, lo que ha resultado más preocupante es la aparente falta de conciliación de algunos de los discursos más prominentes dentro de estos dominios. Los discursos que apoyan y son apoyados por las diversas disciplinas son vistos comúnmente como incompatibles, si no completamente contradictorios.

La teoría de la complejidad del pensamiento tiene como máximos exponentes a Ludwig von Bertalanffy (Teoría de los Sistemas) y a Bernard Lonergan (Teoría del Insight). Esta teoría de la complejidad proporciona un medio para solucionar este aparente callejón sin salida, y lo hace enfatizando la necesidad de estudiar los fenómenos en los niveles de su aparición, orientados por la comprensión de que surgen nuevos patrones estables de actividad y que esos patrones incorporan reglas y leyes emergentes que son parte del sistema. Esta sugerencia requiere que los investigadores presten especial atención a los ritmos de evolución en cuestión. Por ejemplo, la estructura biológica se transforma a lo largo de milenios y periodos muy largos y, por lo tanto, es lo suficientemente estable como para prestarse a los supuestos de la ciencia analítica. Por el contrario, otros fenómenos, como las herramientas simbólicas de una cultura, no solo evolucionan más rápidamente, sino que están sujetos a conjuntos de influencias muy diferentes. Los métodos analíticos son simplemente inadecuados para dar sentido a tales conjuntos de fenómenos dispersos, rápidamente cambiantes, intrincadamente enredados.

Es así como el pensamiento de complejidad podría describirse como una especie de interdiscurso. Invocando un uso postestructuralista, el discurso es un dominio

estructuralmente coherente del uso del lenguaje, junto con las actividades asociadas con el uso de ese lenguaje, que organiza y restringe lo que se puede decir, hacer y pensar. Cada discurso tiene su propio conjunto distintivo de reglas, que generalmente operan de manera implícita, que gobiernan la producción de lo que debe considerarse como significativo y/o verdadero. Los discursos siempre funcionan en relación con, o en oposición a, otros discursos. Ningún discurso está solo, aunque algunos (como la religión fundamentalista, el cientificismo o el modernismo) reivindican una cierta comprensión totalizada y exclusiva del universo.

Vivimos inmersos en una realidad multidisciplinar donde científicos - neurocientistas, biólogos, físicos, matemáticos, psicólogos, entre otros - se han reunido para el desarrollo de propuestas educativas.

En este campo multidisciplinar, muchos conceptos provenientes de la Computación, la Psicología del comportamiento, las Ciencias Cognitivas y la Cibernética pasaron a formar parte de los sistemas educativos en diferentes formas de aplicación en distintos países, siendo estas proyectadas y desarrolladas con características interdisciplinarias, pudiendo, incluso, alcanzar características transdisciplinarias. Hemos estudiado este contexto buscando contornos para su entendimiento, aunque ésta es una tarea difícil de ejecutar desde que somos, al mismo tiempo, estudiosos y agentes de ese campo.

Es cada vez más frecuente que los científicos utilicen las nuevas tecnologías para crear modelos computacionales para “simular escenarios” o “extraer datos” de todos los posibles escenarios de investigación, antes de una experimentación, que podría no resultar económicamente rentable. La World Wide Web constituye un escenario típico. ¡Una simple búsqueda en Google Chrome usando la frase “ciencia de

la complejidad” se acerca a un millón de visitas! Para comprender completamente la dinámica de esta complejidad, teóricos de la ciencia de la complejidad y la sociología han aparecido hace ya tiempo dando respuesta a estos interrogantes. Defienden que las preocupaciones de la comunidad de académicos necesitan un conocimiento práctico de la ciencia de la complejidad, así como una comprensión general del debate actual sobre la complejidad de la sociología (Castellani & Hafferty, 2009).

Es de interés tener una perspectiva plástica sobre el mismo partiendo del Mapa de la Ciencia de la Complejidad (Figura 7). El profesor Brian Castellani ha dedicado varios años a sintetizar en una visión general conceptual e histórica el mapa de la ciencia de la complejidad, siendo publicado por primera vez en inglés en 2009. Para la presente investigación hemos considerado de interés presentarlo traducido al español en su última versión. En él podemos encontrar las principales teorías, sus autores y líneas de influencia, así como la emergencia de nuevas áreas derivadas. El término “complejidad” procede del latín *plexos*, que significa “entretejido”. Algo complejo resulta difícil de desmenuzar: no podemos separar sus partes constituyentes y estudiarlas de manera aislada porque son interdependientes. Todo sistema complejo se caracteriza por la existencia de interacciones relevantes entre sus componentes. El comportamiento del conjunto no puede predecirse sin considerar dichas interacciones, ya que estas codeterminan el estado futuro de los componentes y, por tanto, del sistema entero. Más aún: esas interacciones pueden generar información nueva, que no se encuentra en las condiciones iniciales ni en las de frontera, lo cual limita de manera inherente nuestra capacidad para predecir el comportamiento de un sistema complejo.

Mapa de las Ciencias de la Complejidad.

Castellani, Brian: (2018). Durham University.

Versión Español  
Traducción Luis M. Benítez

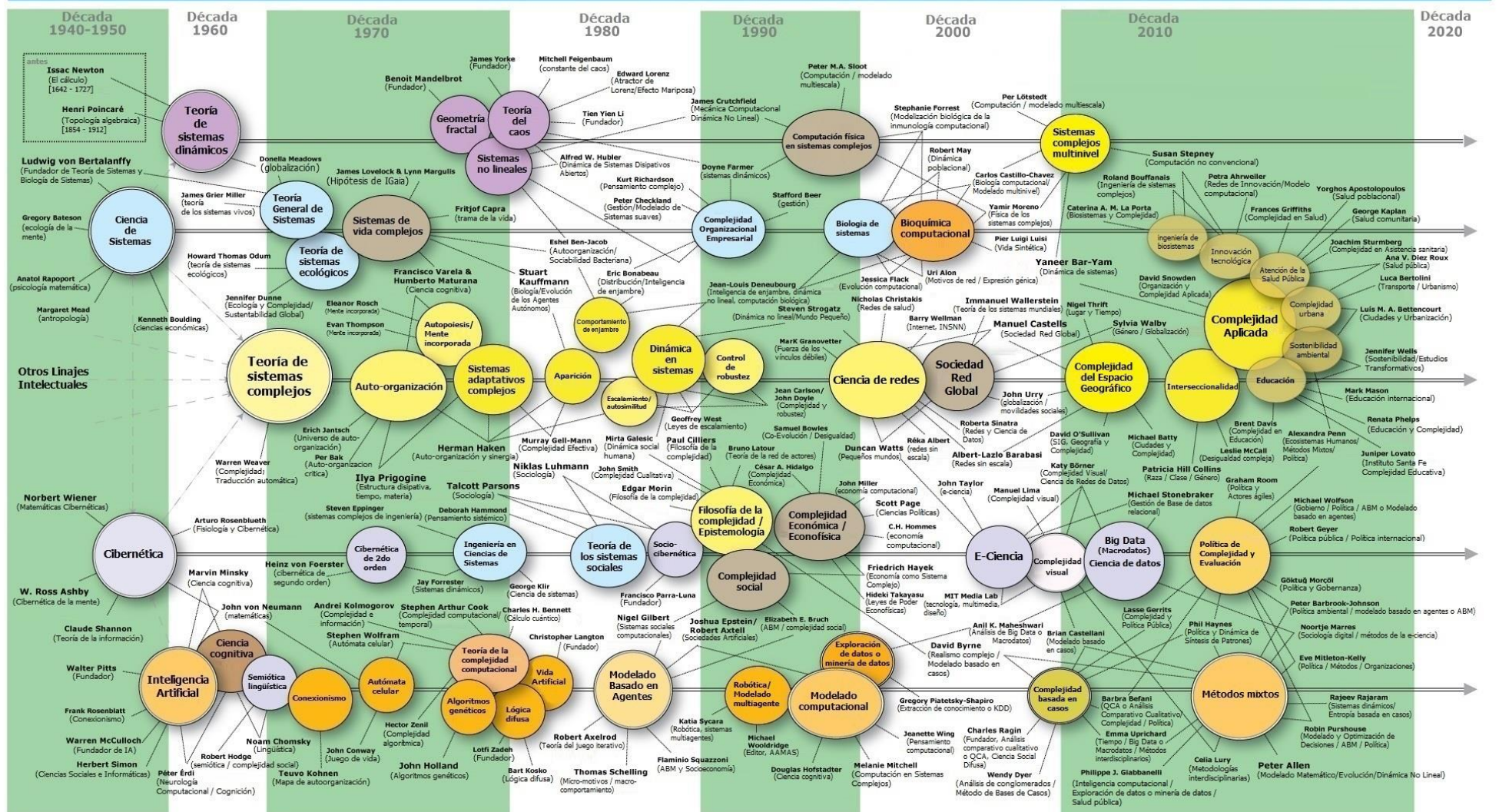


Figura 7. Mapa de la ciencia de la complejidad. Brian Castellani ([https://www.art-sciencefactory.com/complexity-map\\_feb09.html](https://www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html)).



Los primeros investigadores listados son Ludwig von Bertalanffy, Norbert Wiener y W. Ross Ashby, correspondiendo al período entre los años 1940-50.

El campo de la transdisciplinariedad de la ciencia de la complejidad parece haber llegado a un lugar en el que puede ofrecer recomendaciones más prácticas e inmediatas, incluso una pedagogía orientada hacia posibilidades inimaginables y aún no imaginables. La ciencia de la complejidad nos obliga a prestar más atención a la creatividad e inteligencia de los colectivos emergentes, tales como agrupaciones de aulas y sociedades, que a las capacidades de los individuos. El pensamiento complejo ofrece algunas pautas específicas sobre cómo mejorar las posibilidades de los colectivos al garantizar que se cumplen las condiciones para una autoorganización compleja (Castellani & Hafferty, 2009).

La evidencia presentada en esta sección sugiere que nuestro actual sistema educativo se muestra compatible con la Teoría de la Complejidad, corroborando la hipótesis que sostenemos, de que tal teoría es eficiente para el análisis TIC en educación. En general, todo apunta a que cada nodo de una red de creación es un estado provisional, como ocurre en todos los sistemas, estando siempre sujetos a emergencias de patrones, que podemos tratar como modelos metodológicos, para la continua transformación del quehacer educativo.

## **5. AUTONOMÍA DEL APRENDIZAJE**

La literatura existente sobre aprendizaje autónomo nos lleva, en primera instancia, a los estudios que a principios de la década de los 80 realizó Henri Holec, que en parte se elaboró como una respuesta a las ideas y expectativas provocadas por la agitación política en Europa a fines de los años sesenta. Holec fue uno de los autores sensibilizados en poner el foco del aprendizaje en el alumno, donde el aprendiz de

forma autónoma asume la responsabilidad de la totalidad de su situación de aprendizaje (Holec, 1981). Esta idea, sin embargo, ya ha sido tratada antes desde otros puntos de vista por autores como Galileo, Rousseau, Dewey, Kilpatrick, Freire, Illich y Rodgers. Del mismo modo, todos ellos evidenciaron que la autonomía del aprendizaje como técnica pedagógica es un área prominente que tiene conexiones con el humanismo, el constructivismo y el aprendizaje experimental.

Competencias como el aprender a aprender y el aprendizaje a lo largo de toda la vida llevan a considerar el desarrollo de la autonomía del aprendiz como una característica deseable de los estudiantes y una consideración importante en la práctica de la enseñanza. Asimismo, existe evidencia de que la participación activa e independiente de los alumnos en su propio aprendizaje (autonomía) aumenta la motivación para aprender y, en consecuencia, aumenta la eficacia del aprendizaje (Dickinson, 1995). Por tanto, la autonomía del aprendiz no debe verse como una metodología exclusiva de los estudiantes altamente comprometidos más bien debe verse como una competencia clave de todo aprendizaje (Cotterall, 2000).

Dado que la definición de autonomía del aprendiz ha variado entre los investigadores, es importante aclarar cómo se usa el término en este estudio. Desde un punto de vista de la naturaleza humana Holec lo expresa como “la capacidad de hacerse cargo del propio aprendizaje” (Holec, 1981). Por otra parte, Little hace énfasis en el control de los alumnos sobre el proceso de aprendizaje cuando lo define como “una cuestión de la relación psicológica del alumno con el proceso y el contenido del aprendizaje” (Little, 1991). No excluyendo la enseñanza en el aula, porque el control es esencialmente una cuestión de quién toma las decisiones que además son importantes, ya sea dentro o fuera del aula. En una perspectiva afín a este enfoque se

encuentra la definición que propone Leslie Dickinson que expresa el concepto como “una situación en la que el alumno es totalmente responsable de todas las decisiones relacionadas con su aprendizaje y la implementación de esas decisiones” (Dickinson, 1994). Según este enfoque la autonomía favorece el aprendizaje fuera del aula y la considera como una condición marco en la que los alumnos dirigen su propio aprendizaje fuera del aula independientemente de los instructores. Más recientemente, Phil Benson se inclina hacia el enfoque de Little y define la autonomía como “la capacidad de controlar el propio aprendizaje” (P. Benson, 2001), sin embargo, ve compatibles todos los enfoques anteriores. A pesar de la falta de consenso sobre las definiciones de autonomía del aprendiz, tanto el conocimiento de que el fenómeno de la autonomía existe como la consiguiente reflexión sobre el mismo, son características que han aparecido en toda la literatura sobre autonomía del alumnado desde la década de 1970.

Hay autores que defienden la existencia de dos enfoques en el constructo de autonomía del aprendiz. Por un lado, identifican factores externos, los cuales ayudan que el estudiante asuma la responsabilidad de diferentes aspectos del proceso de aprendizaje, como puede ser la planificación, la implementación y la evaluación de las decisiones que toma en el aprendizaje y del propio aprendizaje, esto implica el dominio de competencias de aprendizaje flexible, trabajo por proyectos, etc. A su vez, identifican factores internos, que predisponen a los estudiantes a aceptar la responsabilidad y controlar sus pensamientos y acciones como aprendices, y aquí se ponen en juego las competencias del tipo aprender a aprender, el aprendizaje autorregulado, y la capacitación estratégica (Jiménez Raya & Lamb, 2008).

El término autonomía, haciendo referencia a la autonomía del aprendiz, se ha usado en esta tesis para denominar el diferencial competencial que adquiere un alumno en un contexto sin iguales ni ayuda parental fuera del aula y solamente con asistencia tecnológica. Con ello se persigue eliminar, en la medida de lo posible, las variables ajenas a la influencia de la tecnología en la construcción del conocimiento del aprendiz. Esto es consistente con la teoría constructivista y vygotskyana. La idea clave de esta tesis se ha tomado de este enfoque haciendo hincapié en que el aprendizaje eficaz es el aprendizaje “activo” (Wang & Peverly, 1986).

El simposio de 2014 de la Red de Investigación AILA en Brisbane trató cinco temas, que se consideraron para ampliar las investigaciones realizadas hasta ahora en autonomía del estudiante, los cuales se enmarcaron en dos enfoques concretos, a saber: las sociales y las críticas. Con respecto al primer enfoque (las situaciones sociales) pretende destacar la comprensión sociocultural de cómo la autonomía se manifiesta en los entornos de colaboración para la enseñanza y el aprendizaje. Además de cómo la autonomía contribuye al aprendizaje social. El segundo enfoque (las situaciones críticas) pretende sintetizar y teorizar la investigación sobre la autonomía del estudiante en la era de las nuevas tecnologías. La tecnología siempre ha sido un tema de interés, principalmente en contextos de aprendizaje formal, como los programas de acceso personal en línea y de aprendizaje a distancia. El rápido crecimiento y la globalización de los medios digitales ofrece ahora oportunidades cada vez mayores. Este cambio es creciente y afecta el aprendizaje, además del uso del lenguaje informal, incluidas las herramientas digitales como pueden ser las tecnologías móviles y los videojuegos.

Más recientemente, en el simposio de 2017 de la Red de Investigación AILA en Rio de Janeiro se profundizó en la exploración de las relaciones entre la autonomía del

alumno y del profesor. Concretamente en la adopción de una perspectiva interdisciplinaria sobre el constructo de autonomía en relación con las teorías del lugar y espacio, lo que implica un cambio de la autonomía personal, que ha sido una orientación importante en la investigación en este campo en las últimas décadas, hacia una perspectiva colectiva y social que considera cómo las comunidades y los grupos pueden mejorarse a sí mismos. Se evidenció, además, con estudios de casos que los profesores muestran que la pedagogía de casos crea un espacio intermedio entre la realidad y los ideales, donde las culturas de la escuela dominante son desafiadas. Aflorando, por tanto, oportunidades de mejora profesional colaborativa y posibilidades de cambio educativo. Al promover la autonomía del estudiante, los profesores encuentran la oportunidad de mejorar su propia autonomía al desarrollar una visión crítica de la educación, manejar las limitaciones locales y descubrir espacios de maniobra y explorar formas de centrar la enseñanza en el aprendizaje. Sin embargo, existen límites para la competencia docente y la expansión del cambio educativo cuando la autonomía representa una interpretación contraria en los entornos escolares. Además, la pedagogía de casos encontrará resistencia en los contextos de educación superior donde los planes de estudio son diferentes de las preocupaciones profesionales ya que la epistemología práctica está infravalorada por otros intereses de investigación.

La investigación reciente sobre la autonomía del aprendiz en diferentes contextos culturales ha comenzado a examinar cuál es el concepto en circunstancias difíciles y cómo puede ayudar a fomentar un aprendizaje eficaz (Kuchah & Smith, 2011). Dos de los temas del simposio de 2014 se basaron en este trabajo: el primero se centra en el mundo en desarrollo, donde la autonomía de los estudiantes puede tener una relevancia especial para los estudiantes, pero donde la enseñanza y el aprendizaje

pueden no tener suficientes recursos; el segundo se centra en la autonomía y la censura social de los profesores, en la exploración de contextos, en los que los profesores se ven limitados por la burocracia, la fiscalización y los procesos de transformación de la educación en mercancía comercializable con fines de lucro.

Cabe destacar, finalmente, como parte de las tendencias actuales investigativas los trabajos de exploración de la dimensión espacial de la autonomía. Los cuales reconocen que los espacios en los que los estudiantes aprenden ofrecen un margen significativo para el aprendizaje. Los espacios se interpretan ampliamente, como físicos, virtuales o incluso metafóricos, y pueden ser formales o informales, privados o públicos, personales o compartidos. La investigación sobre la autonomía del aprendizaje se ha centrado en diferentes contextos desde sus inicios (por ejemplo, acceso propio, aulas, en línea y aprendizaje a distancia), y más recientemente se ha reconocido que, en algunos contextos, gran parte del aprendizaje ocurre fuera de los entornos de aprendizaje formal (Lamb, 2012). En estos momentos el interés se centra en replantear el concepto de esta investigación, recurriendo a enfoques ecológicos para considerar no solo el impacto del espacio en el aprendizaje, sino también cómo los aprendices construyen, se apropian y transforman socialmente los espacios en “lugares” donde fluye el aprendizaje, ofreciendo así información sobre las interrelaciones dinámicas entre estudiantes, aprendizaje y espacios.

A pesar de su interés pedagógico, el cual se ha evidenciado a lo largo de la historia, y de tener un futuro prometedor, la investigación de la autonomía del aprendizaje no está exenta de problemas y dificultades. En primer lugar, no hay una forma única de operacionalizar la autonomía del estudiante. Debido a sus múltiples aristas es un constructo complejo y además dinámico, entrelazado con otros constructos complejos

que implican ideologías, políticas, y vertientes sociales, epistemológicas y pedagógicas. Sin embargo, existe un argumento fuerte de que la autonomía del aprendiz como concepto no tiene sentido a menos que pueda relacionarse con la práctica educativa (Menegale, 2013). Un desafío en la práctica es el de decidir si la autonomía es un medio o un fin (Kuchah & Smith, 2011). Es decir, ¿es la autonomía del aprendiz un recurso pedagógico? O ¿hay que diseñar métodos nuevos para lograr la autonomía del aprendiz y con ello su rendimiento? La tendencia actual coincide en que esto dependerá del contexto específico en que se desarrolle el aprendizaje.

Otra consideración es si la autonomía es adquirida o innata. Por una parte existen autores que defienden la idea de que debe adquirirse por aprendizaje formal, es decir, de manera intencional y sistemática (Holec, 1981). Sin embargo otros se basan en el constructivismo, percibiendo la autonomía como una capacidad que ya existe en el alumno pero que puede desarrollarse aún más (Little, 1991). Esto dificulta cómo diseñar el entrenamiento o el desarrollo competencial de los aprendices para lograr una mayor autonomía, desde la capacitación estratégica hasta la reflexión sobre los objetivos de aprendizaje más profundos y las motivaciones.

Con el fin de favorecer la autonomía del alumno, es necesario hacer un balance de las realidades y los ideales. La autonomía no es lo mismo que la libertad, si la libertad se interpreta como ausencia de restricciones. En este sentido encontramos autores que defienden que los seres humanos nunca están libres de restricciones simplemente por el hecho de que somos seres sociales. La pregunta no es si somos libres o no, sino más bien si somos víctimas de restricciones o no. Además, señalan que la conciencia y el conocimiento de las restricciones ofrecen un punto de partida para examinar críticamente tales restricciones e imaginar un concepto paradigmático y que puede

ayudarnos a entender la práctica. Al definir las restricciones como externas (impuestas desde afuera) e internas (nuestra herencia mental que abarca fenómenos como actitudes, creencias, ideas) se argumenta que es posible convertir las restricciones en oportunidades, a través de la reflexión sobre experiencias personales (Trebbi, 2008).

El reto, entonces, es que tanto los estudiantes como los profesores encuentren los “espacios de trabajo”, que les permitirán extender la autonomía tanto como sea posible y de forma apropiada dentro de un contexto particular (Lamb, 2000). El marco del proyecto europeo EuroPAL (A European Pedagogy for Autonomous Learning - Educating Modern Language Teachers Through ICT) ofreció una herramienta para permitir a los educadores comprender las limitaciones y los costos dentro de su entorno y reflexionar críticamente sobre ellos. La solución se describió como un entorno que consiste en un conjunto complejo de condiciones en las que operan profesores y alumnos. Consistente en: una gama de valores ideológicos, políticos, económicos, educativos dominantes, tradiciones de enseñanza de idiomas, marcos y directrices, familia y comunidad; expectativas, demandas institucionales y curriculares, y discursos y prácticas de formación docente; las experiencias pasadas de los profesores como aprendices y profesores, teorías personales, orígenes lingüísticos y valores profesionales; y experiencias de aprendizaje pasadas de los alumnos, teorías personales, antecedentes y compromisos con la educación. Sobre este entorno, los argumentos (a veces contradictorios) impulsan o restringen el desarrollo de una pedagogía para la autonomía; estos pueden ser teóricos, profesionales, prácticos, políticos, económicos o tecnológicos y pueden ser locales, nacionales o globales. La intención es generar oportunidades de transformación de la siguiente manera: al ubicarse en este marco y comprender la organización implícita y las leyes que lo controlan, los profesores pueden



considerar críticamente su posición dentro de él y encontrar formas de manejarse a través de él, ya sea eliminando las restricciones o trabajando en torno a ellas, en cualquier caso, sacando partido del entorno profesional de forma que se desarrollen en vez de detenerlas (Jiménez Raya, Lamb, & Vieira, 2007).

Todavía hay muchas preguntas sin respuesta sobre la autonomía del aprendiz. Una de las demandas que se extiende por todo el mundo es el predominio del discurso de evaluación, principalmente la sumativa, como instrumento de control. Esto ha llevado a un aumento en la demanda de medición y pruebas de autonomía en las instituciones educativas donde se incluye como un resultado de aprendizaje. La investigación actual está comprometida con las relaciones entre autonomía y evaluación, aunque las conexiones más obvias son con la evaluación formativa (Tassinari, 2012). Se han realizado fuertes críticas a los intentos de evaluar de forma sumativa la autonomía, argumentando que es multidimensional, no observable y susceptible a cambios (Phil Benson, 2010). Por supuesto, los problemas con la medición de la autonomía también afectan a las formas en que se puede investigar, y la financiación de la investigación generalmente conlleva expectativas de medición del impacto. Todavía no está claro cómo se pueden abordar estas paradojas, pero la investigación debe continuar comprometiéndose con ellas y presentar argumentos claros y confiables para actuar como un contrapeso a tales demandas externas.

Está claro que el desarrollo en el campo de la autonomía en el aprendizaje se ha expandido más allá de los espacios discretos, que ocupó en su infancia en los años setenta. Se ha convertido en un fenómeno general, que llega a todos los sectores de la educación y en todo el mundo. Se ha movido más allá del ámbito personal e incluso del contexto del aula, para ocupar un espacio global, que incluye lo digital y lo metafórico

(incluido el espacio curricular). La trayectoria descrita anteriormente sugiere que también está vinculada con redes ideológicas, políticas y morales a nivel local, nacional e internacional. La investigación actual que teoriza sobre el espacio, el lugar y la autonomía ofrecerá una forma valiosa de entender el lugar de la autonomía en el mundo, con una especialización más amplia a nivel educativo, profesional, tecnológica, sociológica y política. La investigación deberá continuar explorando la autonomía en diferentes contextos de aprendizaje y cada vez más en diferentes contextos culturales a medida que los países de todo el mundo se sacudan sus enfoques pedagógicos tradicionales y adopten nuevas orientaciones políticas, incluso ideológicas. La comprensión de estos desarrollos dinámicos e interactivos requerirá nuevas conceptualizaciones, más allá de lo sociocultural para incluir lo ecológico y lo espacial.

Durante mucho tiempo se ha argumentado que la visión de una pedagogía para la autonomía no es específica de una disciplina concreta, sino que debe comprender el “valor transdisciplinario de la autonomía como objetivo educativo”, para convertirse en “un proyecto de toda la escuela para el desarrollo de estudiantes y profesores” (Jiménez Raya et al., 2007). Sin embargo, la autonomía como constructo no se limita a la educación. La investigación en otras disciplinas, incluso fuera de las ciencias sociales y las humanidades, se está moviendo cada vez más allá de sus límites hacia nuevos espacios interdisciplinarios, y la construcción del espacio en sí también se ha movido más allá de sus orígenes en la geografía humana hacia áreas como las políticas, filosóficas, educativas y tecnológicas.

El Consejo de Europa está implicado en el lanzamiento de nuevos proyectos de investigación en este campo, política y práctica en autonomía en el aprendizaje, y continúa su trabajo en esta línea. Del mismo modo, tiene un compromiso prolongado

con la justicia social, que incluye la valoración del multilingüismo y el plurilingüismo y la promoción de la comprensión intercultural. Con el aumento de la migración global, es necesario encontrar formas de reevaluar qué idiomas se aprenden, dónde se aprenden y se usan y cómo se valorizan. En diversos contextos, los alumnos y profesores innovadores están encontrando los “espacios de trabajo” para desarrollar y proteger espacios lingüísticos inclusivos en los niveles educativos formales. La exploración de las dimensiones espaciales puede iluminar los espacios físicos, estructurales, sociales, curriculares, virtuales y afectivos, que brindan prácticas inclusivas, que aumentan las oportunidades de aprendizaje y uso de una amplia gama de idiomas, la creación de identidades plurilingües y la comprensión intercultural.

Más allá de la educación formal, la construcción de la autonomía crítica (Lamb, 2000) también nos permite identificar las formas en que las comunidades plurilingües producen espacios, en las que pueden garantizar que sus idiomas continúen aprendiéndose y usándose, tanto en el hogar como en otros lugares, tales como en las escuelas informales basadas en la comunidad, reuniones culturales y otros espacios sociales cotidianos. La investigación sobre las interrelaciones entre los espacios personales y socioculturales para la autonomía nos lleva de lo micro a lo medio y, más allá, a lo macro, y tal vez nos devuelva a una nueva conceptualización comunitaria de la autonomía política de Platón.

Las relaciones entre la teoría, la investigación y la práctica son fundamentales para desarrollar el trabajo en el campo de la autonomía en el aprendizaje. Los desarrollos futuros continuarán reconociendo esto y, al hacerlo, nos permitirán continuar mejorando no solo el aprendizaje del lenguaje formal e informal, sino también la comprensión y el diálogo intercultural en el siglo XXI.

La motivación, la identidad y la autonomía han sido temas de investigación intensiva en los últimos años. En la investigación de autonomía, se ha reconocido que la motivación es crucial en el aprendizaje autónomo de los estudiantes, mientras que la identidad también se considera una meta o un producto de su aprendizaje autónomo (Phil Benson, 2007). A medida que los investigadores ven cada vez más la motivación, la identidad y la autonomía como interrelacionadas, un enfoque más convergente para explorar estos temas puede ayudar a “dar cierta coherencia a una agenda de investigación cada vez más imprudente” causada por “una proliferación de conceptos” (Van Lier, 2010).

Los conocimientos de la teoría y la práctica de la autonomía pueden ser útiles para nuestro análisis de la motivación, la teoría y la práctica. En particular, los procesos de participación, construcción y negociación de identidades son fundamentales para este análisis. Al identificar a los aprendices como personas totalmente educadas con identidades sociales situadas en contextos particulares, esta conceptualización de los aprendices contrasta fuertemente con lo proyectado en escritos sustentados en las tradiciones psicométricas de la investigación de “diferencias individuales”, que irónicamente pasa por alto la individualidad del aprendiz. Además, al perseguir patrones gobernados por reglas que vinculan el pensamiento y el comportamiento, ha despersonalizado a los aprendices. Por esta razón, la teoría y la práctica de la motivación deben abordar la individualidad de los aprendices como agentes autorreflexivos, que aportan identidades, personalidades, historias, motivos e intenciones únicas dentro del contexto de aprendizaje social (Ushioda, 2009, 2011).

Existe un debate abierto acerca de la competencia y la metacognición en la investigación de la autonomía, que a menudo ve los dos conceptos como dos mundos

separados (Palfreyman, 2003; Wenden, 2002). A medida que el campo de la investigación sobre autonomía se expande, se cree en la necesidad de explorar la interrelación de los dos conceptos. La separación conceptual de la competencia como un constructo sociológico/sociocultural y la metacognición como un constructo cognitivo es innecesaria ya que cada línea de investigación conduce a hallazgos relacionados con diferentes aspectos del aprendizaje autónomo de los estudiantes. Por lo tanto, la investigación sobre la autonomía del estudiante puede capitalizar ambas áreas para potenciar nuestra comprensión del aprendizaje autónomo de los estudiantes y dar nuestro apoyo para sus esfuerzos de aprendizaje. Para ilustrar este enfoque convergente hacia la competencia y la metacognición, se han analizado un conjunto de datos de una investigación longitudinal sobre el aprendizaje de idiomas de los estudiantes universitarios de China continental en Hong Kong. A través de las interpretaciones de los datos desde ambas perspectivas, se concluye que la metacognición y la competencia se consideran complementarias entre sí al esclarecer ambas el proceso y los objetivos del aprendizaje autónomo (Gao & Zhang, 2011).

La creciente interacción entre los individuos y las sociedades en el mundo contemporáneo y el acceso cada vez mayor a los nuevos discursos en el mundo de la globalización, han contribuido a generar un carácter fluido, dinámico, inestable e impredecible para las relaciones humanas. En consecuencia, ciertos fenómenos, ya sean físicos, biológicos o sociales, ya no pueden atribuirse a leyes generales ni a explicaciones simples de causa-efecto. El paradigma positivista tampoco es apropiado para enfrentar la complejidad del mundo de hoy. Para lograr una mejor comprensión de tales interrelaciones, se necesita un nuevo paradigma para ofrecer nuevas formas de ver los mismos fenómenos a través de una lente diferente. Este nuevo paradigma se centra

en la dinámica y el cambio, no en la estabilidad; y en la emergencia, no en elementos fijos individuales. En esta dirección, el marco teórico proporcionado por la teoría de la complejidad ha demostrado ser útil para una comprensión más profunda de la complejidad que caracteriza a las relaciones humanas en la sociedad global (Holland, 2003; Larsen-Freeman & Cameron, 2009). La participación del individuo en las prácticas sociales contribuye a un proceso de “fractalización” del yo, y al mismo tiempo construye un sentido de integridad que se logra a partir de las interacciones establecidas entre los diversos seres sociales emergentes (Sade, 2011).

La imaginación ha demostrado ser un factor importante en la autonomía de aprendizaje de los estudiantes. Empleando perspectivas teóricas combinadas de los “yoes” posibles y las comunidades imaginadas, la imaginación ayudó a implementar el rol de los yoes posibles y las comunidades imaginadas en las experiencias de aprendizaje diarias de los estudiantes, demostrando así el potencial tanto de aprendizaje como pedagógico y permitirles trabajar hacia la realización del yo ideal (Murray, 2011).

Surge, en este campo, una pregunta crítica relacionada con los aprendices a distancia que generalmente son responsables de programar su tiempo de estudio y se espera que cada vez más manejen su propio progreso de aprendizaje y mantengan su motivación dentro de un programa de estudios que puede ofrecer una razonable orientación y estructura. En otras palabras, la forma en que manejan su estudio puede disfrutar de un mayor grado de autonomía. Los estudiantes autónomos son, por definición, estudiantes motivados, pero incluso los estudiantes autónomos experimentan contratiempos o circunstancias cambiantes. Dado que la automotivación es crucial en el aprendizaje a distancia, ¿cómo siguen avanzando académicamente estos aprendices cuando las cosas se ponen difíciles? Después de describir las cuestiones

clave relacionadas con la autonomía y la motivación en el contexto del aprendizaje a distancia, se ha analizado recientemente cómo se desarrollan las teorías en la práctica al examinar las experiencias de los estudiantes adultos a distancia, y se ha registrado todo lo que afectó negativamente a su motivación, cómo manejaron los contratiempos y qué los inspiró o motivó durante un período de siete meses mientras estudiaba en la Open University (Reino Unido). Concluyendo que estas experiencias podrían utilizarse para que los diseñadores mejoren los programas de aprendizaje a distancia y, por otra parte, los estudiantes puedan mejorar la automotivación (Murphy, 2011). Los datos examinados en este estudio ofrecen una imagen clara de los factores motivacionales negativos que influyen en los aprendices de idiomas a distancia y a tiempo parcial que estudian a nivel principiante. El estudio también ilustra la importancia de los sentimientos de competencia o compromiso en los desafíos óptimos, la retroalimentación obtenida a través de la interacción y un sentido de “control”. Los resultados de este estudio resaltan la interrelación entre identidad, motivación y autonomía. La visión de sí mismos de los participantes fue un factor importante para mantener la motivación. Al mismo tiempo, las múltiples identidades del individuo, las circunstancias del entorno de estudio y la experiencia de aprendizaje influyeron en la medida en que los estudiantes se sentían capaces de controlar su aprendizaje. Aquellos que ejercieron su capacidad de autonomía, tomaron decisiones conscientes y tomaron decisiones acerca de su aprendizaje, aumentaron su motivación para alcanzar los objetivos de acuerdo con su visión en lugar de sentirse abrumados y frustrados.

## **6. LAS TIC Y EL APRENDIZAJE**

Los avances en tecnología están fomentando el crecimiento en el aprendizaje y la formación de docentes, a menudo como parte de una “mezcla” de aprendizaje

presencial y mediado por la tecnología, aunque la combinación exacta y la cantidad de cada uno pueden variar ampliamente (Hall & Knox, 2009).

En los últimos años, ha habido un entusiasmo generalizado en torno al potencial de la tecnología para transformar el aprendizaje. A medida que las inversiones en tecnología educativa continúan creciendo, los estudiantes, los padres y los profesores se enfrentan a una variedad aparentemente infinita de tecnologías educativas entre las que elegir, desde plataformas digitales de aprendizaje personalizadas hasta juegos educativos y cursos en línea. En medio de esta avalancha de novedades tecnológicas que emociona a todos, es importante dar un paso atrás y comprender cómo la tecnología puede ayudar, o en algunos casos obstaculiza, cómo aprenden los estudiantes.

La innovación tecnológica en las últimas dos décadas ha alterado de manera indeleble el panorama educativo actual. Los avances revolucionarios en la tecnología de la información y las comunicaciones (TIC), especialmente las disciplinas asociadas con computadoras, teléfonos móviles e Internet han precipitado un renacimiento en la tecnología de la educación, un término que usamos aquí para referirnos a cualquier aplicación de TIC que tenga como objetivo mejorar la educación. En los Estados Unidos, el mercado del software del alumnado preadolescente solo había superado los 8 mil millones de dólares (Billings, 2015), y un informe reciente de la industria proyecta un valor estimado de 252 mil millones de dólares para la industria global de la tecnología educativa para 2020 (Morrison, 2017). Los gobiernos, las escuelas y las familias valoran cada vez más la tecnología como una parte central del proceso educativo, e invertir en consecuencia. En los próximos años, campos emergentes como el aprendizaje automático (*Machine Learning*), el *Big Data* y la inteligencia artificial probablemente aumentarán aún más la influencia de estas tecnologías, ampliando la



gama ya vertiginosa de productos educativos disponibles, y agilizando los ciclos de aprendizaje. En conjunto, estas tecnologías ofrecen la posibilidad de abrir puertas y construir puentes al expandir el acceso a una educación de calidad, facilitar la comunicación entre educadores, estudiantes y familias, y aliviar las fricciones en una amplia variedad de contextos educativos desde la primera infancia hasta la edad adulta. Por ejemplo, los desarrolladores de software educativo trabajan para permitir que los educadores ofrezcan los últimos avances en ciencia del aprendizaje tanto a escuelas en ciudades como a áreas rurales remotas. La proliferación de teléfonos inteligentes y la creciente facilidad para conectarlos a sistemas de información basados en Internet ha permitido mejorar los sistemas de mensajería de texto automatizados. Estos tienen como objetivo informar, simplificar y alentar a los estudiantes y sus padres a medida que atraviesan etapas complicadas en la educación, como la transición a la universidad. Además, las instituciones educativas en línea pueden brindar oportunidades para obtener títulos universitarios para los estudiantes que, de lo contrario, se verían limitados por el trabajo, las familias, las discapacidades u otras barreras a la educación superior tradicional.

Pero la rápida proliferación de nuevas tecnologías dentro de la educación ha demostrado ser un arma de doble filo. La velocidad a la que las nuevas tecnologías y los modelos de intervención están llegando al mercado ha superado con creces la capacidad de los investigadores para seguir evaluándolos. La situación está bien resumida por un titular reciente: *“La tecnología educativa surge internacionalmente, y las opciones para las escuelas se vuelven más confusas”* (Molnar, 2017). Aunque la mayoría está de acuerdo en que la tecnología de la información puede ser útil en algunas

circunstancias, los investigadores y educadores están lejos de alcanzar un consenso sobre dónde vale la pena invertir en tecnología educativa y en qué contextos.

Además, las transformaciones asociadas con la tecnología educativa están ocurriendo en un contexto de desigualdad profunda y persistente. A pesar de ampliar el acceso a algunas tecnologías, la brecha digital sigue siendo muy real y muy grande. Si bien el 98 por ciento de los niños en hogares de Estados Unidos con ingresos superiores a 100000 dólares por año tienen una computadora en casa, solo el 67 por ciento de los niños en hogares con ingresos inferiores a 25000 dólares las tienen (Bulman & Fairlie, 2016). Incluso cuando los estudiantes desfavorecidos pueden acceder físicamente a la tecnología, pueden carecer de orientación necesaria para la utilización productiva: a esto se le denomina una “brecha de uso digital” (Brotman, 2016). Dependiendo del diseño y la implementación, las tecnologías educativas podrían aliviar o agravar las desigualdades existentes. Por lo tanto, las consideraciones de equidad agregan otro nivel a la necesidad de prudencia a la hora de implementar programas de educación basados en tecnología.

Por supuesto, no todos los modelos de intervención pueden evaluarse, y el grado de éxito varía inevitablemente en los enfoques y contextos educativos, incluso dentro de campos bien establecidos. Pero la velocidad y la escala con la que se están adoptando muchas intervenciones de tecnología educativa, junto con el enorme impacto que podrían tener en la próxima generación, exigen un análisis más detallado de lo que sabemos hasta la fecha.

## **7. LA TÉCNICA DEL ANÁLISIS MULTINIVEL**

Los LMM (*Linear Mixed Models*, en inglés) son modelos estadísticos para las variables de resultados continuos en las que los residuos se distribuyen normalmente,

pero pueden no ser independientes o tener una variación constante. Los diseños de estudios que conducen a conjuntos de datos que pueden analizarse de manera adecuada utilizando LMM incluyen (1) estudios con datos agrupados, como estudiantes en aulas, o diseños experimentales con bloques aleatorios, como lotes de materia prima para un proceso industrial; y (2) estudios longitudinales o de medidas repetidas, en los que los sujetos se miden repetidamente a lo largo del tiempo o en diferentes condiciones. Estos diseños surgen en una variedad de entornos a lo largo de las ciencias médicas, biológicas, físicas y sociales. Los LMM proporcionan a los investigadores herramientas analíticas potentes y flexibles para este tipo de datos.

Aunque el software capaz de adaptarse a los LMM se ha vuelto ampliamente disponible en las últimas tres décadas, los diferentes enfoques para modelar la especificación en todos los paquetes de software pueden ser confusos para los profesionales de la estadística. Los procedimientos disponibles en los paquetes de software estadístico de propósito general SAS, SPSS, R y Stata adoptan un enfoque similar a la especificación del modelo, que describimos como la especificación general de un LMM. El software del modelo lineal jerárquico (HLM, *Hierarchical Linear Model*) adopta también un enfoque jerárquico (Raudenbush & Bryk, 2002), en el cual un LMM se especifica explícitamente en múltiples niveles, correspondientes a los niveles de un conjunto de datos agrupados o longitudinales.

El nombre de modelos lineales mixtos proviene del hecho de que estos modelos son lineales en los parámetros, y que las covariables, o variables independientes, pueden incluir una combinación de efectos fijos y aleatorios. Los efectos fijos pueden asociarse con covariables continuas, como el peso, prueba de resultados iniciales o el estatus socioeconómico, que toman valores en un rango continuo, o con factores, como género

o grupo de pruebas, los cuales son categóricos. Los efectos fijos son parámetros constantes desconocidos asociados, o bien con covariables continuas o bien con niveles de factores categóricos en un LMM. La estimación de estos parámetros en LMM es generalmente de interés intrínseco, ya que indican las relaciones de las covariables con la variable de resultado continuo. Los lectores familiarizados con los modelos de regresión lineal, pero no con los LMM, pueden asociar los efectos fijos como coeficientes de regresión.

Otra parte del modelo LMM son los efectos aleatorios. Estos, sin embargo, son variables y se distribuyen según una función de probabilidad. En LMM los coeficientes del primer nivel (por ejemplo, estudiantes) son tratados como aleatorios en el segundo nivel (por ejemplo, centros escolares). De modo que cada nivel particular no es de interés intrínseco. En contraste con los efectos fijos, que están representados por parámetros constantes en un LMM, los efectos aleatorios están representados por variables aleatorias (no observadas), que generalmente se asume que siguen una distribución normal.

Los datos agrupados surgen cuando se realizan observaciones en sujetos dentro del mismo grupo seleccionado al azar. Por ejemplo, los datos pueden ser recopilados entre estudiantes dentro de la misma aula, pacientes de la misma clínica o crías de rata de la misma camada. Estos diseños involucran unidades de análisis anidadas dentro de grupos. Si se puede considerar que los grupos se tomaron de una población mayor de grupos, sus efectos se pueden modelar como efectos aleatorios en un LMM.

Los LMM permiten la inclusión tanto de covariables de nivel individual (como edad y género) como covariables a nivel de grupo (como, por ejemplo, el tamaño de grupo), mientras se ajustan los efectos aleatorios asociados a cada grupo. Si bien los

coeficientes específicos de cada grupo no se estiman explícitamente, la mayoría del software LMM realiza “predicciones” específicas del grupo (EBLUPs, *Empirical Best Linear Unbiased Predictors*) de los efectos aleatorios específicos del grupo. A partir de estos predictores, se pueden obtener estimaciones de la variabilidad de los efectos aleatorios asociados con los grupos, y se pueden hacer inferencias acerca de la variabilidad de estos efectos aleatorios en una población de grupos mayor.

Cabe destacar que los modelos de análisis de varianza tradicionales (ANOVA) con efectos fijos y aleatorios utilizan los cuadrados promedio esperados para determinar el denominador apropiado para cada prueba F (distribución F de Fisher). Aunque los métodos ANOVA funcionan bien para diseños equilibrados que tienen variables independientes discretas, no son ampliamente aplicables cuando los datos no están equilibrados y algunos predictores son continuos. Los diseños equilibrados con variables independientes discretas surgen principalmente en experimentos a pequeña escala cuidadosamente diseñados. Sin embargo, en los experimentos de campo, los cuasi experimentos y las encuestas, es común que los datos sean no equilibrados y haya una combinación de predictores discretos y continuos. Debido a esto, los investigadores a menudo rechazan el modelo mixto ANOVA para adoptar la regresión múltiple como alternativa.

## **8. UNA BREVE HISTORIA DE LMMS**

Se ha considerado de interés presentar una perspectiva histórica sobre este tema que, aunque no es exhaustiva si ha resultado muy útil para la presente investigación. Se ha dividido los desarrollos históricos clave en dos categorías: teoría y software. Consiste en una cronología que presenta la evolución de las bases teóricas de los LMMs:

- 1861:** la primera formulación conocida de un modelo de efectos aleatorios de un nivel (un LMM con un factor aleatorio y sin factores fijos) es la de Airy, que fue esclarecida por Scheffé en 1956. Airy hizo varias observaciones telescópicas en la misma noche (datos agrupados) y para varias noches diferentes. Luego analizó los datos separando la varianza de los efectos nocturnos aleatorios de aquellos residuales aleatorios dentro de la misma noche.
- 1863:** Chauvenet calculó las varianzas de los efectos aleatorios en un modelo simple de efectos aleatorios.
- 1925:** el libro de Fisher, “Métodos estadísticos para los investigadores”, describió el método general para estimar los componentes de la varianza, o dividir la variación aleatoria en componentes de diferentes fuentes, para datos equilibrados.
- 1927:** Yule supuso la dependencia explícita del residuo actual en un número limitado de residuos anteriores al obtener de modelos de correlación serial pura.
- 1931:** Tippett extendió el trabajo de Fisher en el marco del modelo lineal, modelando los valores como una función lineal de las variaciones aleatorias debidas a múltiples factores aleatorios. También obtuvo un método ANOVA para estimar las variaciones de los efectos aleatorios.
- 1935:** Neyman, Iwazskiewicz y Kolodziejczyk examinaron la eficacia comparada de los grupos aleatorizados y los diseños de cuadrados latinos e hicieron un uso extensivo de los LMM en su trabajo.
- 1938:** la séptima edición del trabajo de Fisher de 1925 trata la estimación del coeficiente de correlación intraclase (ICC, en inglés).

- 1939:** Jackson asumió la normalidad para los efectos aleatorios y los residuos en su descripción de un LMM con un factor aleatorio y un factor fijo. Este trabajo introdujo el término “efecto” en el contexto de los LMM. Cochran presentó un modelo de efectos aleatorios de un nivel para datos no equilibrados.
- 1940:** Winsor y Clarke, y también Yates, se enfocaron en estimar las variaciones de los efectos aleatorios en el caso de datos no equilibrados. Wald consideró intervalos de confianza para las relaciones de los componentes de varianza. En este punto, las estimaciones de los componentes de la varianza aún no eran únicas.
- 1941:** Ganguli aplicó la estimación ANOVA de los componentes de varianza asociados con efectos aleatorios a modelos mixtos anidados.
- 1946:** Crump aplicó la estimación ANOVA a modelos mixtos con interacciones. Ganguli y Crump fueron los primeros en mencionar el problema de que la estimación ANOVA puede producir estimaciones negativas de los componentes de varianza asociados con efectos aleatorios. Satterthwaite trabajó con distribuciones de muestreo aproximadas de las estimaciones del componente de varianza. También definió un procedimiento para calcular los grados de libertad aproximados para el estadístico F en los modelos mixtos.
- 1947:** Eisenhart introdujo la terminología de “modelo mixto” y distinguió formalmente entre modelos de efectos fijos y aleatorios.
- 1950:** Henderson proporcionó las ecuaciones donde los BLUPs de los efectos aleatorios y efectos fijos eran las soluciones, conocidas como ecuaciones de modelo mixto (MME).

- 1952:** Anderson y Bancroft publicaron “*Statistical Theory in Research*”, un libro que proporciona una cobertura completa de la estimación de los componentes de varianza a partir de datos equilibrados. También introduce el análisis de datos no equilibrados en los modelos de efectos aleatorios anidados.
- 1953:** Henderson produjo el artículo fundamental “Estimación de componentes de varianza y covarianza” publicado en la revista *Biometrics*, centrado en el uso de uno de los tres métodos de sumas de cuadrados en la estimación de componentes de varianza a partir de datos no equilibrados en modelos mixtos (el método de Tipo III se usa con frecuencia, basándose en un modelo lineal, pero todos los tipos están disponibles en paquetes de programas estadísticos). Otros documentos a finales de los años 50 y 60 se basaron en estos tres métodos para diferentes modelos mixtos.
- 1965:** Rao fue responsable del desarrollo sistemático del modelo de curva de crecimiento, un modelo con una pendiente de tiempo lineal común para todas las unidades e *interceptos* (los puntos donde la función corta con el eje de ordenadas) y pendientes aleatorios específicos de la unidad.
- 1967:** Hartley y Rao demostraron que se podrían obtener estimaciones únicas de los componentes de la varianza utilizando métodos de máxima verosimilitud, usando las ecuaciones resultantes de la representación matricial de un modelo mixto (Searle, Casella, & McCulloch, 2006). Sin embargo, las estimaciones de los componentes de la varianza estaban sesgadas a la baja porque este método asume que los efectos fijos son conocidos y no se estiman a partir de los datos.
- 1968:** Townsend fue el primero en buscar estimadores no equilibrados cuadráticos de varianza mínima dentro de los componentes de la varianza.



- 1971:** Patterson y Thompson (1971) introdujeron la estimación restringida de probabilidad de máxima verosimilitud (REML, en inglés) como método para estimar los componentes de la varianza (sin asumir que se conocen los efectos fijos) en un modelo lineal general con datos no equilibrados (Patterson & Thompson, 1971). Los métodos basados en la verosimilitud se desarrollaron lentamente porque eran computacionalmente intensivos. Searle describió los intervalos de confianza para los componentes de la varianza estimada en un LMM con un factor aleatorio.
- 1972:** Gabriel desarrolló la terminología de “ante dependencia” del orden  $p$  para describir un modelo en el que la distribución condicional del residual actual, dado sus predecesores, depende solo de sus  $p$  predecesores. Esto lleva al desarrollo del proceso autorregresivo de primer orden, el proceso AR(1) (apropiado para mediciones igualmente espaciadas en un individuo a lo largo del tiempo); en el que el residuo actual depende estocásticamente del residuo anterior. Rao terminó el trabajo sobre los estimadores de la ecuación no equilibrada cuadrática de mínimos normalizados (MINQUE), que no exigen una distribución de los efectos aleatorios o términos residuales (Rao, 1972). Lindley y Smith desarrollaron HLMs (Lindley & Smith, 1972).
- 1976:** Albert demostró que, sin ningún supuesto de distribución, los estimadores de ANOVA son los mejores estimadores cuadráticos no sesgados de los componentes de varianza en los LMMs, y los mejores estimadores no sesgados bajo un supuesto de normalidad.

- A partir de mediados de la década de 1970:** los LMMs se aplican con frecuencia en estudios agrícolas, específicamente en diseños de parcelas divididas (Huynh & Feldt, 1976).
- 1982:** Laird y Ware describieron la teoría para ajustar un modelo de coeficientes aleatorios en una sola etapa (Laird & Ware, 1982). Los modelos de coeficientes aleatorios se manejaron previamente en dos etapas: estimar pendientes de tiempo y luego realizar un análisis de pendientes de tiempo para los individuos.
- 1985:** Khuri y Sahai proporcionaron un estudio detallado sobre los intervalos de confianza para los componentes de varianza estimada.
- 1986:** Jennrich y Schluchter describieron el uso de diferentes modelos de patrones de covarianza para analizar datos de medidas repetidas y cómo elegir entre ellos (Jennrich & Schluchter, 1986). Smith y Murray formularon componentes de varianza como covarianzas y los estimaron a partir de datos equilibrados utilizando el procedimiento ANOVA basado en formas cuadráticas. Green completaría esta formulación para datos no balanceados. Goldstein introdujo mínimos cuadrados generalizados ponderados iterativamente.
- 1987:** Los resultados de Self y Liang (1987) y más tarde de Stram y Lee (1994) hicieron posible probar la importancia de los componentes de la varianza (Self & Liang, 1987; Stram & Lee, 1994).
- 1990:** Verbyla y Cullis aplicaron REML en una configuración de datos longitudinales (Verbyla, 1990).
- 1994:** Diggle, Liang y Zeger distinguieron entre tres tipos de componentes de varianza aleatoria: efectos y coeficientes aleatorios, correlación en serie (los residuos

cercanos entre sí en el tiempo son más similares a los residuos más alejados) y el error de medición aleatorio (Diggle, 2013).

**Años 90 en adelante:** los LMMs se hacen cada vez más populares en la medicina (Brown & Prescott, 2015) y en las ciencias sociales (Raudenbush & Bryk, 2002), donde también se les conoce como modelos multinivel o modelos lineales jerárquicos (HLMs).

Desarrollos clave de software

**1982:** Bryk y Raudenbush publicaron por primera vez el programa de computadora HLM.

**1988:** Schluchter y Jennrich introdujeron por primera vez la rutina del software BMDP5-V para modelos de medidas repetidas no equilibradas.

**1992:** SAS introdujo PROC MIXED como parte del paquete de análisis SAS / STAT.

**1995:** StataCorp lanzó la versión 5 de Stata, que ofrecía el procedimiento “xtreg” para ajustar modelos con efectos aleatorios asociados con un solo factor aleatorio, y el procedimiento “xtgee” para ajustar modelos a datos de panel utilizando la metodología de ecuaciones de estimación generalizadas (GEE, en inglés).

**1998:** Bates y Pinheiro introdujeron la función genérica de modelado lineal de efectos mixtos “lme()” para el paquete de software R.

**2001:** Rabe-Hesketh y sus colaboradores, colaboraron para escribir el comando Stata “gllamm” para ajustar LMMs (entre otros tipos de modelos). SPSS lanzó la primera versión del procedimiento MIXED como parte de la versión 11.0 de SPSS.

**2005:** Stata hizo que el comando LMM general “xtmixed” estuviera disponible como parte del Stata Release 9, y luego se convertiría en el comando “mixed” en el

Stata Release 13. Bates introdujo la función “lmer()” para el paquete de software R.

Los modelos multinivel son particularmente apropiados para diseños de investigación donde los datos para los participantes se organizan en más de un nivel (es decir, los datos están anidados) (Tabachnick & Fidell, 2013). Las unidades de análisis suelen ser individuos (en un nivel inferior) que están anidados dentro de unidades contextuales o agregadas (en un nivel superior) (Luke, 2004). Si bien el nivel más bajo de datos en los modelos multinivel es generalmente un individuo, también se pueden examinar las mediciones repetidas de individuos. Como tales, los modelos multinivel proporcionan un tipo alternativo de análisis para el estudio univariado o multivariado de medidas repetidas. Se pueden examinar las diferencias individuales en las curvas de crecimiento (Tabachnick & Fidell, 2013). Además, los modelos de varios niveles se pueden usar como una alternativa a ANCOVA (Análisis de la covarianza), donde las puntuaciones en la variable dependiente se ajustan para las covariables (por ejemplo, las diferencias individuales) antes de probar las diferencias de tratamiento (Cohen & Cohen, 2003). Los modelos multinivel pueden analizar estos experimentos sin los supuestos de pendiente de homogeneidad de regresión que exige ANCOVA (Tabachnick & Fidell, 2013).

Los modelos multinivel pueden usarse en datos con muchos niveles, aunque los modelos de dos niveles son los más comunes y en este apartado se mencionará, para no hacer muy compleja la explicación, solo estos. La variable dependiente debe examinarse en el nivel de análisis más bajo (Raudenbush & Bryk, 2002).

## **9. ECUACIÓN DE REGRESIÓN DE NIVEL 1 EN UN MODELO SIMPLE MULTINIVEL DE DOS NIVELES (I, J)**

Cuando hay una sola variable independiente de nivel 1, el modelo de nivel 1 es:

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{ij} + e_{ij} \quad (1)$$

$Y_{ij}$  se refiere a la puntuación en la variable dependiente para una observación individual en el Nivel 1 (el subíndice  $i$  se refiere al caso individual, el subíndice  $j$  se refiere al grupo). Por ejemplo, el rendimiento en lectura para el estudiante  $i$  en la escuela  $j$ .

$X_{ij}$  se refiere al predictor de Nivel 1. Por ejemplo, una variable a nivel de estudiante para el estudiante  $i$  en la escuela  $j$ .

$\beta_{0j}$  se refiere a la intersección de la variable dependiente en el grupo  $j$  (Nivel 2). Por ejemplo, el rendimiento de lectura promedio para la escuela  $j$ .

$\beta_{1j}$  se refiere a la pendiente de la relación en el grupo  $j$  (Nivel 2) entre el predictor de Nivel 1 y la variable dependiente. Es el coeficiente de la pendiente o regresión asociado con  $X_{ij}$ , por lo tanto, este valor representa la relación entre la variable de nivel de estudiante y el rendimiento en lectura.

$e_{ij}$  se refiere a los errores aleatorios de predicción para la ecuación de Nivel 1 (a veces también se le conoce como  $r_{ij}$ ). Es el término de error a nivel de estudiante, que suponemos normalmente distribuida y que tiene una estructura de matriz de covarianza residual  $R$  (R. Wolfinger, 1993; R. D. Wolfinger, 1996).

En el Nivel 1, tanto los interceptos como las pendientes en los grupos pueden ser fijas (lo que significa que todos los grupos tienen los mismos valores, aunque en el mundo real esto sería una ocurrencia rara), que varía aleatoriamente (lo que significa que los interceptos y/o las pendientes son predecibles a partir de una variable

independiente en el Nivel 2), o varían aleatoriamente (lo que significa que las intercepciones y/o pendientes son diferentes en los diferentes grupos, y que cada una tiene su propia media y varianzas generales).

Cuando hay múltiples variables independientes de Nivel 1, el modelo puede expandirse sustituyendo vectores y matrices en la ecuación.

## 10. ECUACIÓN DE REGRESIÓN DE NIVEL 2

Las variables dependientes son los interceptos y las pendientes para las variables independientes en el Nivel 1 en los grupos del Nivel 2. Por ejemplo, la ecuación (2) y (3) son para el modelo simple de Nivel 2 con una variable predictora a nivel escolar.

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j} \quad (2)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j} \quad (3)$$

$\gamma_{00}$  se refiere a la intercepto general. Es la gran media de las puntuaciones en la variable dependiente en todos los grupos cuando todos los predictores son iguales a 0. Por ejemplo, la media general de los rendimientos de lectura entre los estudiantes y los centros escolares.

$W_j$  se refiere al predictor de Nivel 2. Por ejemplo, una variable a nivel escolar para el centro  $j$ .

$\gamma_{01}$  se refiere al coeficiente de regresión general, o la pendiente, entre la variable dependiente y el predictor de Nivel 2. Es el coeficiente de regresión asociado a  $W_j$ .

$u_{0j}$  se refiere al componente de error aleatorio para la desviación del intercepto de un grupo con respecto al intercepto general. Este es un término de error que representa un efecto único asociado con la escuela  $j$ .

$\gamma_{10}$  se refiere al coeficiente de regresión general, o la pendiente, entre la variable dependiente y el predictor de Nivel 1. Estima el efecto promedio del predictor a nivel de estudiante.

$u_{1j}$  se refiere al componente de error para la pendiente (es decir, la desviación de las pendientes del grupo respecto de la pendiente general). Al incluir  $u_{1j}$  en la ecuación de Nivel 2, estamos permitiendo que la relación entre el predictor a nivel de estudiante ( $X_{ij}$ ) y el resultado ( $Y_{ij}$ ) varíe en las unidades de Nivel 2, es decir, las escuelas. Este tipo de modelo de dos niveles se conoce comúnmente como un modelo de “intercepto y pendiente aleatoria”.

La Figura 8 proporciona una ilustración de interceptos y pendientes aleatorias. Los puntos de datos en su conjunto están representados por la línea de regresión negra gruesa, que sería típica que se obtiene de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCOs). Los puntos de datos representan el desempeño de los estudiantes en la escuela A, la escuela B hasta la escuela F. Las ecuaciones (1), (2) y (3) nos permiten especificar un efecto de grupo único a través de interceptos y pendientes aleatorias. Esto produce una estimación del intercepto y la pendiente general a través de los centros escolares, así como la desviación del intercepto y pendiente general para cada centro. Por lo tanto, cada centro tiene su propia línea de regresión; en este ejemplo, tanto los interceptos como las pendientes varían según el centro escolar. La escuela A tiene, en promedio, un rendimiento general más bajo en el resultado. La escuela E tiene la pendiente

asociada con el predictor más fuerte. La escuela F, por otro lado, tiene el rendimiento general más alto en el resultado, pero la pendiente es la más débil.

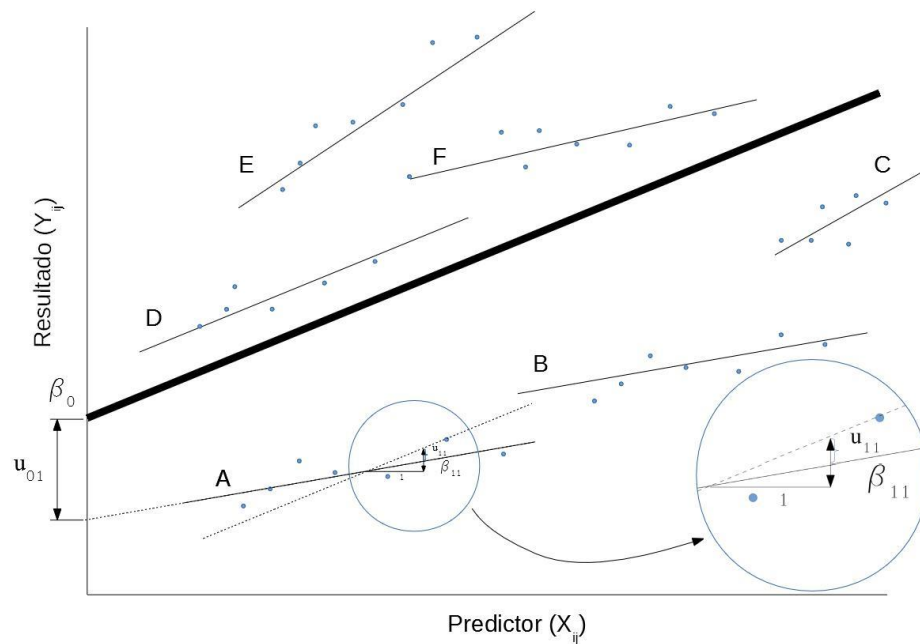


Figura 8. Muestra teórica de pendientes e interceptos aleatorios.

Mientras que los modelos multinivel son diferentes a los modelos de regresión MCO, los efectos fijos en los modelos multinivel [es decir, en las ecuaciones (1) y (2);  $\gamma_{00}$ ,  $\gamma_{01}$  y  $W_j$ ] son análogos a los coeficientes de regresión no estandarizados en un modelo MCO de un solo nivel. Concretamente, los tres efectos fijos de las ecuaciones (1), (2) y (3) representan (a) el intercepto del modelo ( $\gamma_{00}$ ), que representa el promedio general de los logros entre los estudiantes y los centros escolares; (b) el efecto fijo para  $X_{ij}$  ( $\gamma_{10}$ ), que representa la relación entre el rendimiento de la variable de nivel 1 a la vez que controla todas las demás variables en el modelo; y (c) efecto fijo para  $W_j$  ( $\gamma_{01}$ )



que representa la relación entre la variable de nivel 2 y el rendimiento a la vez que se controlan todas las demás variables en el modelo.

## **11. LOS MODELOS MULTINIVEL COMO METODOLOGÍA PARA LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA. LA IMPORTANCIA DE LOS AVANCES METODOLÓGICOS.**

Uno de los propósitos centrales de los análisis multinivel cuando maneja datos educativos es explorar la posibilidad de que las políticas y prácticas educativas puedan modificar la distribución de los resultados dentro de los centros escolares. La atención se ha centrado cada vez más, en los últimos tiempos, en el proceso a través del cual los aspectos de la gestión escolar, los entornos externos y las políticas internas influyen en las oportunidades diferenciales de aprendizaje dentro de los centros escolares. Estas inquietudes investigativas, desde un punto de vista de modelado estadístico, se convierten en hipótesis sobre los efectos de las variables de contexto escolar dentro de las relaciones estructurales en los centros educativos, o más técnicamente en pendientes de regresión. El simple hecho de agregar variables escolares a un estudiante o un modelo lineal a nivel escolar implica que las variables escolares influyen en las diferencias de medias entre las escuelas, y no en los efectos diferenciales dentro de las escuelas. La investigación sobre dichos efectos diferenciadores requiere una formulación multinivel para una estimación e inferencia adecuadas (Lee & Bryk, 1989).

Una cantidad significativa de investigaciones previas han demostrado que la jerarquía del sistema escolar se ubica en un contexto social y político más amplio, y que las características de los vecindarios, las comunidades locales y los mercados laborales locales pueden afectar los resultados escolares y, por lo tanto, el impacto medido de una

reforma (Bondi & Matthews, 2017; Garner & Raudenbush, 1991; McPherson & Willms, 1986; Raffe & Willms, 1989). Otros investigadores, sin embargo, creen que el éxito y el fracaso de las reformas dependen principalmente de su contexto social y político, las particularidades de las organizaciones y comunidades y la compleja red de interacciones entre alumnos, padres, profesores y administradores en cada nivel del sistema. Algunos sostienen que entender el impacto de una reforma requiere otros métodos de investigación (Fetterman & Pitman, 1986; Lincoln & Guba, 1985). De manera similar, los críticos de la literatura sobre los efectos escolares han criticado los análisis que tratan a las escuelas como “cajas negras”, y han pedido la observación directa de los procesos y prácticas de los centros y las aulas. En lugar de preguntar si una reforma en particular tiene un efecto de generalización, los investigadores han comenzado a preguntar sobre las condiciones y circunstancias que harían que la reforma fuera exitosa. Por lo tanto, gran parte de su trabajo se ha concentrado en centros y aulas “ejemplares”, estableciendo que aparecerían como valores atípicos estadísticos en algunos de los análisis cuantitativos de los sistemas escolares (Klitgaard & Hall, 1973).

Los evaluadores que realizan análisis cuantitativos del impacto de las reformas no han negado estos argumentos, o la importancia general de tener en cuenta la estructura multinivel del sistema escolar. Pero hasta hace poco, pocos investigadores cuantitativos han podido tomar en cuenta seriamente el contexto multinivel. En muchos casos, las formulaciones conceptuales de “un solo nivel” impulsaron la investigación simplemente porque las herramientas estadísticas de un solo nivel, como el análisis de la varianza y la regresión, eran las únicas herramientas disponibles. Si las debilidades metodológicas pueden retrasar el progreso teórico, se sigue que los avances metodológicos pueden estimular la innovación teórica. Mejores métodos deberían

darnos mejores respuestas a viejas preguntas; pero, quizás más importante, deberían permitirnos hacer nuevas preguntas.

Los métodos multinivel son un avance que potencialmente podría impulsar la teoría educativa. El enfoque jerárquico le permite al investigador hacer preguntas sobre los efectos de las reformas en los resultados de la escolarización dentro y entre los entornos de la gestión educativa. Proporciona estimaciones tanto del efecto promedio de una variable sobre una serie de configuraciones, como de la medida en que ese efecto varía según la configuración. Además, se puede intentar modelar la variación de los efectos en términos de variables que describen políticas y prácticas en varios niveles, e identificar de manera más confiable los valores atípicos estadísticos. Entonces, en cierto sentido, los métodos multinivel pueden proporcionar un puente entre los enfoques cuantitativos y cualitativos. Como mínimo, proporcionan una estructura útil para pensar los problemas educativos desde cualquier perspectiva.

## **12. EDUCACIÓN SECUNDARIA EN CANARIAS.**

Las Islas Canarias forman un archipiélago situado en el Atlántico, al extremo sur de España y a unos 108 kilómetros de la costa de Marruecos. El archipiélago constituye una comunidad autónoma española y una región ultraperiférica de la Unión Europea. En términos educativos, el rendimiento escolar medido en la comunidad por el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, por sus siglas en inglés) de la OCDE durante los últimos años fueron decepcionantes. Esto llevó al Gobierno regional a solicitar a la OCDE que evaluase el sistema escolar sobre la base de los resultados de PISA para poder diagnosticar los problemas y sugerir soluciones prácticas y vías de mejora (OCDE, 2012). Dada la complejidad del sistema educativo, es difícil apuntar a una o a unas pocas causas que centren la cuestión. Todo lo contrario,

el informe de la OCDE identifica la solución como una reforma sistémica de naturaleza multidimensional, es decir, propone mejoras en todos los niveles e integrantes del sistema educativo.

Sin embargo, varios expertos, entre los que se encuentran representantes de la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias, sindicatos de profesorado, Consejo Escolar de Canarias, investigadores de la Universidad de La Laguna, profesorado, asociaciones de padres y madres y alumnado con alto y bajo rendimiento, consideran que es el contexto educativo la causa principal de la cuestión (Rosales & Cabrera Pérez, 2017). Principalmente destacan los contextos histórico y social de las islas, el metodológico, el socio político insular, el familiar; y el socioeducativo, cultural y el personal del alumnado. Lo cual hace que la comparación del rendimiento escolar de las islas con otras comunidades autónomas del territorio español sea estéril en términos de propuestas de mejora y, por ello, tiene más sentido tener como referencia la propia evolución educativa de Canarias.

Las nuevas tecnologías aparecen en el sistema educativo canario en la década de los años 80. Bajo una serie de condiciones que propician la aparición de los Programas de Innovación Educativa para la integración curricular de las TIC. A partir de ese momento se han sucedido una serie de intentos de integración tecnológica en el marco educativo en las etapas de Primaria y Secundaria en las islas, de los que forman parte el proyecto Ábaco-85 (1985-1992) y los proyectos de innovación sobre medios audiovisuales iniciados a partir de 1985, el Programa de Medios Audiovisuales (1987), y el Programa de Nuevas Tecnologías (1992-1993). A partir del año 2001, dentro de los nuevos Programas de Innovación Educativa implementados por el Gobierno Autónomo de Canarias, aparece el Proyecto Medusa. Este abarca a todos los Centros

Educativos no universitarios de la Consejería de Educación Cultura y Deportes, teniendo como objetivos principales, primero, desplegar por completo la infraestructura de comunicaciones y suministro eléctrico en los centros escolares, segundo, desplegar parcial de la infraestructura de comunicaciones de las aulas de informática, biblioteca y el área administrativa y acceder a través de soluciones inalámbricas a determinadas zonas de los centros; y tercero, dotar a los centros rurales o los que tengan un reducido número de aulas y alumnado con una infraestructura mínima, con cable e inalámbrico. Actualmente se ha puesto en marcha el Programa Brújula 2.0. Con el Programa Brújula20 se pretende desarrollar la línea estratégica de espacios educativos virtuales y nuevos entornos para el aprendizaje y la comunicación. Específicamente, se pretende alcanzar el objetivo específico de desarrollar aplicaciones didácticas, recursos digitales y servicios educativos en Red dirigidos a la comunidad educativa, para facilitar el desarrollo de metodologías innovadoras, la integración de las TIC y el trabajo colaborativo en Red.

La mayoría del alumnado actual de Educación Primaria y Secundaria de Canarias, pertenecen a una generación familiarizada con la tecnología de última generación. Está motivada digitalmente y demanda el uso educativo continuado con las TIC. En este sentido, la edad del alumnado influye notablemente en las percepciones y valoraciones de las distintas variables de uso educativo de las tecnologías, de forma que a mayor edad existe una visión más crítica de la competencia digital del profesorado y de las actividades didácticas desarrolladas con las TIC (Area Moreira, Cepeda Romero, & Feliciano García, 2018). Sin embargo, estudios internacionales han concluido que no existe una relación directa y causal entre la disponibilidad y el acceso a las tecnologías y su uso educativo en el aula. De hecho, muestra importantes variaciones en su uso de

acuerdo con las características personales del profesor, los factores contextuales relacionados con las políticas educativas implementadas y otros factores organizativos e institucionales (OECD, 2015b).

### **13. SITUACIÓN ACTUAL**

Hasta ahora solo existe un amplio consenso en todo el mundo sobre los beneficios que pueden aportarse a la educación escolar mediante el uso adecuado de las tecnologías de la información y la comunicación desarrollada hasta ahora.

Actualmente existe una fuerte demanda de tecnología dentro del ámbito educativo con el fin de potenciar el *aprendizaje centrado en el estudiante*. En un aula centrada en el alumno, los alumnos participan más en el proceso de aprendizaje y aumenta el grado de implicación lo que conlleva a mejorar sus competencias. Se pueden acomodar diferentes estilos de aprendizaje, y los estudiantes pueden ayudarse entre sí para desarrollar sus habilidades (Jones, 2007; Lehmann & Chase, 2015; McLeod & Lehmann, 2012; Wilson et al., 2019). El aprendizaje centrado en el estudiante ha demostrado que lleva a los estudiantes a niveles más altos de pensamiento crítico, resolución de problemas, mejora de la actitud hacia el aprendizaje, así como un aumento en la asistencia general. El uso del plan de estudios es esencial para que los estudiantes logren el éxito en el mundo global que asegure los avances de la tecnología. Nosotros, como educadores, necesitamos usar esta tecnología para involucrar a nuestros estudiantes para hacer que la escuela sea más interesante y amena, empujando a nuestros estudiantes a su máximo potencial con métodos alternativos (Overby, 2011). Esta es una evidencia más de que debe existir algún tipo de vínculo entre tecnología y aprendizaje que, aunque hoy en día no se ha podido cuantificar en detalle, en cambio

los centros escolares sí han logrado identificar mejoras con la implementación de estrategias educativas que usan las nuevas tecnologías.

Por otra parte, la demanda actual de desarrolladores del pensamiento computacional ya no es un concepto discutido solo en ciencias de la computación o clases de programación de ordenadores. En educación, el pensamiento computacional es un conjunto de métodos de resolución de problemas que involucran la expresión de problemas y sus soluciones de manera que una computadora pueda (Wing, 2014). Los profesores están descubriendo que el pensamiento computacional es una habilidad interdisciplinar y es tan relevante en las materias de letras como de ciencias. Los profesores se están convirtiendo en expertos en la incorporación de componentes de pensamiento computacional como ayudar a descomponer los problemas complejos en partes más manejables, la generalización de problemas, el pensamiento algorítmico, la evaluación y la abstracción, sin importar el área temática a la que se aplique. Combinados, estos pasos enseñan a los alumnos los fundamentos de cómo abordar un problema y resolverlo mediante el razonamiento, la creatividad y la comunicación, así como proporcionar una nueva forma de demostrar el conocimiento del contenido (Lye & Koh, 2014).

Encontramos aún más situaciones de demanda de tecnología en los centros de aprendizaje, el aprendizaje profesional (enfocado a brindar oportunidades continuas e integradas para el crecimiento utilizando métodos activos), Realidad artificial (entornos inmersivos e interactivos, basados en técnicas de reconocimiento de vídeo, que ofrecen al usuario un contacto total y sin estorbos con el mundo digital) (Krueger, 1991), realidad virtual (simulación de entornos de escenas u objetos de apariencia real, cuyo pionero fue Jaron Lanier en la década de los 80 del siglo XX) y realidad mixta en las

escuelas, el aprendizaje global (el aprendizaje global permite a los estudiantes y profesores aprovechar el poder de la tecnología para desarrollar relaciones con sus pares globales de forma interactiva que abordan problemas globales complejos e importantes) (Bickley & Carleton, 2009), los perfiles de aprendizaje (Estos perfiles pueden ser creados y recolectados a través de varios medios. Los profesores pueden usar la información de estos perfiles para ayudar a guiar a los estudiantes con las elecciones personalizadas que hacen sobre su aprendizaje. No se tiene que usar la tecnología necesariamente para crear un perfil del aprendiz, pero usar la tecnología puede ayudar a facilitar el proceso, el aprendizaje de las ciencias (los avances en tecnología y la experimentación científica rigurosa posibilitan que los científicos sepan más que nunca cómo funciona el cerebro y, por tanto, ayudar a los estudiantes a entender cómo aprenden), y mejora la Ciudadanía Digital (el marco de uso apropiado y responsable de la tecnología).

El uso de Internet con fines profesionales ha sido intensamente investigado recientemente debido a que se ha evidenciado que fomenta la satisfacción laboral de los empleados. Donde se ha evidenciado que el uso de Internet tiene efectos de aumento en las cualidades de los trabajadores, es decir, mejora las condiciones de trabajo y la satisfacción laboral para ciertas cualificaciones profesionales (Castellacci & Viñas-Bardolet, 2019; Lissitsa & Chachashvili-Bolotin, 2016; Trilling, 2016). Además, se empieza a evidenciar que ciertos usos de Internet hacen a la gente más feliz. Incluso algunos investigadores han encontrado que la conectividad hace que las personas mejoren (Oh, Ozkaya, & LaRose, 2014).

El Foro Económico Mundial celebrado en 2016 en Davos-anunció la Cuarta Revolución Industrial y pronosticó “un gran cambio en el futuro de los empleos”. Las



tecnologías innovadoras, impulsadas por la Industria 4.0, ya se están abriendo camino. En este orden de cosas es de esperar que las cualidades laborales de nuestros estudiantes y futuros trabajadores en la era digital cambien. La educación 4.0 requerirá cambios graduales de paradigma, tales como la educación basada en la demanda en lugar de la oferta, basada en competencias en lugar de basada en el conocimiento, la incorporación de tecnologías innovadoras e incorporación de nuevas habilidades, el aprendizaje permanente en lugar de aprendizaje frontal, el aprendizaje modular en lugar de en bloque, incorporar el EQ (coeficiente de inteligencia emocional) y no solo tener en cuenta el IQ (coeficiente de inteligencia) (Srivastava, 2019).

Es por esto por lo que la alfabetización digital va tomando cada vez más peso en las políticas educativas de muchos países de nuestro entorno. Las tecnologías digitales seguras mejoran la vida de quienes tienen las habilidades para usarlas. Se ha demostrado que las nuevas tecnologías hacen que las actividades humanas sean más eficientes. Pero esto va acorde con una buena base sustentada en una buena alfabetización digital, sobre todo la que se adquiere a edades tempranas. Ya que el uso de las tecnologías no está exento de riesgos. Se han identificado por una parte el riesgo de desigualdad social debido a los distintos grados de dominio de las habilidades tecnológicas que abren brechas sociales y emocionales en los usuarios. Asimismo, son de especial relevancia los riesgos que afectan a los aprendices de hoy como son el ciberacoso y las infracciones de seguridad cibernética que no deben considerarse un tema menor, sobre todo en el sector educativo (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2019).

Este estudio no pretende demostrar cuantitativamente todos los temas mencionados anteriormente. Pero se infiere a raíz de ellos que debe existir un nexo entre

la tecnología y el aprendiz que estimule el aprendizaje. Sin embargo, con la limitación de las herramientas matemáticas de que disponemos podemos hacer un intento de cuantificar el grado de mejora en rendimiento académico que supone por parte del estudiante usar la computadora en el hogar. Esto ayudaría a sistematizar y optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje y evaluación de nuestro sistema educativo.

La tecnología en educación tiene un valor cualitativo muy considerable, que se lo ha proporcionado la sociedad actual, pero se debe arrojar luz sobre ella con el fin de conocer y controlar los procesos educativos implicados con ella, por tanto, es necesario averiguar de forma cuantitativa qué es lo que justifica que la tecnología intervenga en los procesos cognitivos del aprendiz.

## **CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**

Nuestra investigación ha estado orientada por un tipo de diseño que ha tratado de huir de la falacia atomista, los modelos de regresión lineales clásicos y la falacia ecológica que se dan en estadística y en el marco de la investigación educativa (Goldstein, 2011; Hill & Rowe, 1996; Hox et al., 2010).

La presencia de múltiples niveles de organización en el sistema educativo tiene dos importantes consecuencias metodológicas. La primera de ellas es que las preguntas acerca de los determinantes de educación pueden formularse a distintos niveles: por ejemplo, la pregunta de investigación puede referirse a las causas de diferencias en materia de educación a nivel individual (diferencias interindividuales) o a nivel poblacional (diferencias entre la educación promedio de grupos como los centros escolares o comunidades autónomas). El nivel al que se formula la pregunta determina las unidades de análisis que han de utilizarse en la investigación empírica. La segunda consecuencia es que para entender las causas de diferencias tanto interindividuales como intergrupales puede requerirse el estudio de factores definidos a varios niveles. Por ejemplo, para comprender las causas de diferencias en el campo de la educación entre individuos deben considerarse factores tanto a nivel individual como a nivel poblacional o grupal. Al mismo tiempo, para entender las causas de diferencias en el ámbito de la educación entre poblaciones han de tomarse en cuenta factores tanto a nivel grupal como a nivel individual. La presencia de múltiples niveles de organización es la causa fundamental de una serie de falacias lógicas que surgen cuando las unidades de análisis utilizadas en el estudio empírico no se ajustan al nivel al que se formula la pregunta o cuando se dejan de lado determinantes importantes definidos a otro nivel.

Entender las causas de estas falacias ayuda a comprender, a su vez, la problemática generada por la presencia de múltiples niveles en educación.

Esta investigación estudia el análisis multinivel efectuado a los resultados de Canarias en la escala global de Matemáticas en PISA 2009 y 2015, teniendo en cuenta como marco teórico el desarrollado en el capítulo 3, y tomando todas las variables en un único intervalo de tiempo. Se combinaron por una parte el método descriptivo, evaluando con ello algunas características de la población. Aquí nuestro objetivo fue describir el comportamiento de las variables pertinentes en nuestra investigación. Esto nos orientó en el método científico. Y, por otra parte, en el método correlacional con el fin de intentar descifrar y analizar las relaciones subyacentes entre las variables de estudio. El objetivo fundamental de este método radica en descubrir el conjunto de relaciones de asociación que se manifiestan entre las variables que intervienen en un determinado fenómeno. En síntesis, lo que se busca es el grado de asociación entre dos o más series de datos y el nivel de significación de dicha asociación (Bunge & Sacristán, 2011; Kerlinger & Lee, 2008).

## **1. EL MODELO DE SIMULACIÓN**

La metodología de análisis sigue esquemas utilizados en investigaciones ex post facto, para los que se plantearon las preguntas de investigación descritas en el capítulo 1 sobre las que se formula la hipótesis de esta tesis. Las variables independientes que se trataron se combinaron utilizando modelos jerárquicos de dos niveles (estudiantes y centros escolares) donde la variable dependiente fue el desempeño de los estudiantes en la prueba de Matemáticas. Las variables independientes (o variables explicativas) fueron elegidas por medio de un cuestionario contextual que es parte del proyecto PISA 2015, incluyendo variables individuales (sexo o género, nivel socioeconómico,

expectativas educativas), familiares (estructura, recursos educativos disponibles en el hogar) y escolares (nivel socioeconómico, calidad de los recursos, características del profesorado).

El uso de los modelos jerárquicos permitió identificar la asociación de las variables y reportar la varianza dentro de cada nivel de anidamiento para asociarla con las diferencias de los individuos o grupos que integran cada nivel.

El Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (*Programme for International Student Assessment*, PISA), promovido y organizado por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) es un estudio comparativo y periódico en el que pueden participar los países miembros o no miembros (asociados) de la OCDE. Los rendimientos académicos se analizan bajo una evaluación externa al sistema educativo y por ende al centro escolar; que se concreta en la medición de competencias. Una competencia es entendida como la capacidad de utilizar los conocimientos aprendidos en situaciones de la vida real. La evaluación PISA es prospectiva, esto quiere decir que en lugar de centrarse en la medida en que estos estudiantes han dominado un plan de estudios específico de su colegio; las pruebas se enfocan en evidenciar la capacidad del alumnado para utilizar sus conocimientos y habilidades para hacer frente a los desafíos de la vida real. Esta orientación refleja un cambio en las metas y objetivos curriculares, que están cada vez más preocupados por lo que los estudiantes pueden hacer con lo que aprenden en los centros escolares.

La información derivada de PISA es un indicador del nivel de aptitud o habilidad de los estudiantes en su propio país, en comparación con otros países participantes; ayuda a identificar las fortalezas y debilidades de los sistemas educativos nacionales; permite encontrar patrones del desempeño de los estudiantes entre países;

y, sobre todo, detecta qué factores se asocian al éxito educativo más allá de establecer comparaciones entre resultados de forma aislada.

El propósito principal de PISA es evaluar en qué medida los estudiantes de 15 años han adquirido conocimientos y habilidades esenciales para participar plenamente en la sociedad, y hasta qué punto son capaces de extrapolar lo aprendido para aplicarlo a situaciones novedosas, tanto del ámbito escolar como extraescolar. Estos estudiantes se acercan al final de la escolaridad obligatoria en la mayoría de los países participantes, y la matrícula escolar a este nivel es casi universal en casi todos los países de la OCDE.

La evaluación PISA mira hacia adelante, se interesa en la capacidad de los estudiantes para aplicar sus conocimientos y habilidades al enfrentar los retos de la vida real, más que en medir hasta qué punto dominan un plan de estudio o currículo escolar. Esta orientación va más allá de medir la capacidad de los estudiantes para reproducir lo aprendido, en su lugar la prueba PISA explora las habilidades de los jóvenes para continuar aprendiendo durante toda su vida, su capacidad de aplicar lo aprendido y tomar decisiones en diversos tipos de ambientes (escolares y no escolares). Otra característica importante de PISA es la regularidad de su aplicación. PISA se ha establecido como un programa trianual y en cada ejercicio contiene tres áreas de evaluación, pero hace énfasis en un área prioritaria que ocupa dos terceras partes de las preguntas de la evaluación. Las pruebas en las que se ha centrado el presente estudio de investigación son las que se aplicaron en España y en la Comunidad Autónoma Canaria, en el año 2009 y en el 2015.

La evaluación internacional de estudiantes PISA 2009, se realizó durante el segundo semestre de dicho año con la participación de estudiantes de secundaria de 65 países. Cada estudiante que participó pasó dos horas en llevar a cabo tareas de lápiz y

papel que evaluaban competencia lectora, matemática y científica. Los estudiantes también respondieron a un cuestionario que llevó un máximo de 30 minutos completarlo. Este cuestionario se centró en sus antecedentes personales, sus hábitos de aprendizaje, sus actitudes hacia la lectura y su compromiso y motivación. El foco principal de PISA 2009 estaba en la competencia lectora. PISA considera conocimiento de los estudiantes en estas áreas no de forma aislada, sino en relación con su capacidad para reflexionar sobre sus conocimientos y experiencia, y para aplicarlos a problemas del mundo real. El énfasis está en el dominio de los procesos, la comprensión de los conceptos y el funcionamiento en diversas situaciones dentro de cada área de evaluación (OECD, 2010).

Por otro lado, la evaluación internacional de estudiantes PISA 2015, se realizó durante el segundo semestre de dicho año con la participación de estudiantes de secundaria de 73 países. La prueba constaba de 55 preguntas de matemáticas, ciencias y habilidad lectora, incluyendo en esta oportunidad una prueba adicional de educación financiera. La edición de 2015 dio prioridad al área de ciencias y emplea ordenadores para efectuar la evaluación de los jóvenes en todos los países participantes (OECD, 2015a, 2016).

Con el fin de garantizar que los resultados sean comparables entre países, PISA evalúa poblaciones semejantes. Debido a que existen diferencias entre países en cuanto a la naturaleza y alcance de la educación preescolar, la edad de entrada a la enseñanza obligatoria y la estructura de los sistemas educativos; los grados escolares no son comparables internacionalmente. En consecuencia, para comparar válidamente los resultados educativos de unos países y otros, se opta por definir la población objetivo con referencia a una edad determinada. De esta forma, la evaluación de PISA 2009

comprendió a estudiantes de la CA Canaria entre 15 años tres meses y 16 años tres meses de edad al momento de la evaluación, que estén inscritos en una institución educativa. Asimismo, PISA 2015 incluyó a estudiantes entre 15 años y cinco meses, y 16 años y cinco meses.

La muestra que se trató para el ciclo PISA2015 se muestra en la Tabla 3. La constituyeron 1842 estudiantes de 54 centros escolares matriculados en centros pertenecientes a la Consejería de Educación de la Comunidad Autónoma Canaria.

Tabla 3.

Muestra de estudio y las unidades de observación PISA2015

Elementos de estudio	Cantidad
Estudiantes	1842
Centros escolares	54
Comunidades Autónomas	1
Variables	921

Se aplican dos tipos de instrumentos escritos, a saber: (1) los cuadernillos de conocimiento y (2) los cuestionarios de contexto. Los cuadernillos de conocimiento están diseñados conforme a un esquema matricial para asegurar una mayor cobertura de contenidos, sin necesidad de que todos los estudiantes respondan la totalidad de preguntas. Bajo esta estructura, los cuadernillos comprenden diferentes módulos de áreas de evaluación (Ciencias, Matemáticas y Competencia Lectora) que incluyen diversos tipos de actividades. Los cuestionarios de contexto usados en PISA están dirigidos a los estudiantes y al director del centro escolar, y se utilizan para el análisis de los resultados, ya que proporcionan información de las características de los estudiantes y el centro. En particular, el cuestionario del estudiante contiene información sobre: antecedentes económicos, sociales y culturales de los estudiantes y sus familias; actitudes ante el aprendizaje, hábitos escolares y estilos de vida en el



ámbito familiar; aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje. El cuestionario del director contiene información sobre características del centro, entre ellas los recursos humanos y materiales, el financiamiento y las prácticas administrativas, aspectos sobre el contexto académico y el nivel de compromiso de las familias en la educación de sus hijos.

El estudio que se desarrolla aquí utiliza datos procedentes de la prueba PISA en el ámbito de la Comunidad Autónoma Canaria (España). Se utilizaron muestras representativas, para las pruebas PISA 2009, de 1448 estudiantes de 50 centros escolares. Y, de 1842 estudiantes de 54 centros escolares para las pruebas PISA 2015.

La metodología seguida en este estudio de investigación es de tipo *ex post facto*, que utiliza análisis mixto y transversal, ya que, los datos fueron obtenidos en un solo momento, en un tiempo único, para cada conjunto de datos. Es decir, cada uno de los dos ciclos PISA, analizados en este estudio de investigación, se ha tomado como población independiente, y no como una única población que evoluciona en el tiempo. Los datos fueron procesados con el programa informático Stata 14. Stata es un paquete de software estadístico creado en 1985 por StataCorp. Es utilizado principalmente por instituciones académicas y empresariales dedicadas a la investigación, especialmente en economía, sociología, ciencias políticas, biomedicina y epidemiología. Stata permite, entre otras funcionalidades, la gestión de datos, el análisis estadístico, el trazado de gráficos y las simulaciones.

Este estudio hace uso de la hipótesis como eje vertebrador de la investigación. La formulación de hipótesis parte de la idea de que se trata de un enunciado probable sobre las variables o sus relaciones, no verificado pero susceptible de ser probado o refutado (Larroyo & Cevallos, 1965). De Landsheere, G. indica que sin una hipótesis

que sirva de directriz la investigación puede degenerar en una acumulación estéril de datos e información (De Landsheere, 1976). Por su parte Kerlinger, F.N. y Lee, H., al igual que Myers, A. y Hansen, C.H. aclaran que además de que la hipótesis es establecida como enunciado que propone una relación variable, sirve de guía a la investigación que se debe realizar sobre ellas (Kerlinger & Lee, 2008; Myers & Hansen, 2002). El autor hace ver que un análisis como el que se realiza en este estudio, como diseño relacional y ex post facto, siendo no experimental, sí puede incluir hipótesis. En base a esto, se estableció la siguiente hipótesis:

**Hipótesis.** El rendimiento escolar de una materia concreta mejorará si se hace un uso racional y eficaz de las TIC, que además sean útiles y compatibles con el aprendizaje de la competencia de la materia que esté aprendiéndose, en el momento y el contexto adecuados y sin elementos distorsionadores.

Para la realización del estudio, se siguió una metodología general que, como todo proceso de investigación, requirió de varias aproximaciones conforme se complementaban o depuraban los datos, o durante el proceso de aclarar ideas que permitieran culminar los análisis. Se detectaron varias fuentes de información. En primer lugar, se tienen todos los elementos del proyecto PISA: los valores proporcionados en la base de datos o los que tuvieron que ser asignados, como es el caso de los valores omitidos que requieren de una imputación, así como el manejo de los valores plausibles relativos al desempeño en Matemáticas de los estudiantes. En segundo lugar, están los relativos a los modelos sugeridos para el análisis de los datos: análisis descriptivo, exploratorio y modelos multinivel, que requirieron de software especializado para realizar los análisis.


En base a dichas fuentes de información, se concretó la metodología para el desarrollo y análisis de la hipótesis. Esta metodología se verá reflejada en la presentación del análisis de los resultados y sigue el siguiente esquema:

- **VARIABLES explicativas.** Identificación de los factores asociados al constructo. Elaboración de una tabla con las variables elegidas para cada nivel que se estudia. Para un mayor detalle sobre las variables deberán consultarse las tablas contenidas en Anexo II.
- **Ecuaciones del modelo multinivel.** Se aplicó un modelo lineal jerárquico de dos niveles para investigar la relación entre el uso por parte de los estudiantes de las TIC en el hogar y su rendimiento académico. A continuación, se realizaron modelos y análisis separados para cada variable dependiente. Las puntuaciones de rendimiento de matemáticas de los estudiantes se utilizaron como variables dependientes. Se diseñaron dos niveles de variables independientes, a saber: centros escolares y estudiantes. Las variables de estudio se describen en detalle más adelante. A partir de la expresión del modelo de dos niveles se llega a los resultados dispuestos en forma tabular. Dentro de las tablas se incluyen los términos fijos (intercepto y pendientes, o coeficientes de las variables) y el resumen de la varianza en los términos aleatorios; en ambos casos se incluye la significancia de los valores comparados contra un valor nulo y la participación que tiene la varianza de cada nivel en la varianza total. También se incluyen tablas que presentan el desajuste del modelo (*deviance*) y su comparación contra el modelo vacío o modelo nulo, para decidir si hubo mejora en el modelo con la dimensión de calidad estudiada. Con ayuda de la

comparación contra el modelo vacío, también es posible determinar el porcentaje de la varianza que se explica en el nuevo modelo en estudio.

- **Presentación e interpretación de resultados.** Los datos obtenidos se presentan una vez adaptados al criterio de la  $d$  de Cohen (Cohen, 1988), con lo que se puede dictaminar si se tienen diferencias significativas en los resultados en competencia matemática al considerar los valores extremos de las variables. Se incluyen gráficas con los resultados.
- **Conclusiones e implicaciones de los resultados.** Para terminar el análisis se emiten algunas conclusiones y sugerencias para utilizar los resultados en actividades de mejora continua, mediaciones didácticas u organizacionales, en los niveles individual, escolar o regional, que podrían incidir en mejores resultados de los estudiantes.

Los modelos multinivel fueron adaptándose de forma progresiva hasta llegar al modelo final. El modelo de regresión más simple fue el modelo de un solo intercepto que es equivalente a la media muestral. La media de la muestra es la parte “fija” del modelo y la diferencia entre la observación y la media es la parte residual o “aleatoria” del modelo. Usamos el símbolo  $\beta_0$  para denotar la parte fija del modelo.  $\beta_0$  podría representar algo tan simple como la media de la muestra o podría representar una colección de variables independientes y sus parámetros.

$$y_{ij} = \beta_0 + e_{ij}$$


Variable observada    Parte fija    Parte residual

*Figura 9.* Modelo nulo o vacío. Donde  $i$  representa a los individuos y  $j$  a los centros escolares.

Por tanto, cada observación se puede describir en términos de su desviación de la parte fija del modelo. Si calculamos la desviación de cada observación, podríamos estimar la variabilidad de esas desviaciones. El modelo de regresión más simple posible es consecuentemente un modelo para la media de la variable dependiente y sin variables explicativas. Tal modelo se le denomina nulo o vacío (Figura 9).

Si hacemos que la parte aleatoria del modelo sea más compleja para tener en cuenta la estructura jerárquica de los datos. Consideremos una sola observación,  $y_{ij}$  y echemos otro vistazo a su residual. La observación se desvía de su media estatal por una cantidad que indicaremos  $e_{ij}$ . La media del conjunto de la observación se desvía de las escuelas se denota por  $\mu_j$  (efecto aleatorio de grupo o residuo de nivel de grupo). En este caso  $\beta_0$  es la media global de  $y$  (de todos los grupos). Hemos dividido, por tanto, el residuo de la observación en dos partes, también conocidas como “componentes”, que describen su magnitud en relación con los centros escolares y la gran media. Esto se corresponde con los dos niveles en la estructura de datos, a saber: alumnos y escuelas. Si calculamos este conjunto de residuos para cada observación, podríamos estimar la variabilidad de esos residuos y hacer suposiciones distributivas sobre ellos. Y esto es lo que hemos llevado a cabo en el análisis de nuestra tesis.

Estos tipos de modelos (Figura 10) a menudo se denominan modelos de “componente de varianza” porque estiman la variabilidad que se tiene en cuenta en cada nivel de la jerarquía.

$$y_{ij} = \beta_0 + \mu_j + e_{ij}$$

Variable observada      Parte fija      Parte aleatoria

Figura 10. Modelo de componentes de la varianza en un modelo de dos niveles.

## 2. PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN

El programa PISA de la OCDE desde su portal web (<http://www.oecd.org/pisa/>) publica todos los archivos necesarios para hacer otras investigaciones a las que se desarrollan en sus publicaciones. A través de la misma página fue posible descargar los cuestionarios de contexto, los libros de códigos, los archivos de sintaxis y macros para leer los datos mediante el programa Stata 14. A continuación se filtraron los datos de Canarias. Para llevar a cabo los posteriores análisis multinivel hubo que realizar algunos ajustes como a continuación se expone.

Para el tratamiento de la información se usó en los instrumentos cuantitativos, herramientas de apoyo estadístico como las hojas de cálculo y el programa Stata 14, que facilitó la interpretación de datos desde análisis descriptivo, medidas de tendencia central, tablas de frecuencias y análisis multinivel.

La mayor parte de los indicadores expuestos están incluidos en la misma base de datos y, como se indica en los materiales de referencia de PISA 2015, no tienen que ser recalculados, salvo los casos en los que hubiera omisiones que deben ser tratados por procesos de imputación.

**Estimación de los parámetros en los modelos multinivel** Existen algunos procedimientos de estimación en el contexto de los modelos multinivel entre los que se encuentran el método de máxima verosimilitud y el de estadística Bayesiana.

En esta investigación se consideró como método de estimación de parámetros la REML (*Restricted Maximum Likelihood*, en inglés), que es una forma particular de la estimación ML (*Maximum Likelihood*, en inglés). Cada uno tiene sus propias ventajas y desventajas. ML es mejor para datos no balanceados, pero produce resultados sesgados. REML no tiene sesgo, pero no se puede usar cuando se comparan dos

modelos anidados con una prueba de relación de probabilidad. Ambos métodos producirán las mismas estimaciones para efectos fijos, aunque difieren en las estimaciones de efectos aleatorios (Snijders & Bosker, 2012).

Hemos comprobado en los modelos que se obtuvieron que los dos métodos producen resultados muy similares y no afectan en gran medida los valores de  $p$  (la probabilidad correspondiente al estadístico de ser posible bajo la hipótesis nula) de los factores aleatorios. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la elección del método puede afectar la estimación, el error estándar y los valores  $p$  de los valores de la parte aleatoria del modelo.

### **3. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

Se aplicó un modelo lineal jerárquico de dos niveles para investigar la relación entre el uso de TIC de los estudiantes y su rendimiento escolar en matemáticas. Se realizaron modelos y análisis separados para la variable dependiente. La puntuación media en matemáticas de los estudiantes se usó como variable dependiente. Hubo dos niveles de variables independientes: centro escolar y estudiante. Estas variables se describen en detalle a continuación.

### **4. VARIABLES A NIVEL DE ALUMNADO**

El cuestionario PISA que hace referencia al contexto del alumno de secundaria permite acceder a información importante sobre las características demográficas de los alumnos y la situación socioeconómica de sus familias, factores que tradicionalmente se han asociado al logro académico (Elley, 1994; Zorrilla Fierro, 2004). Sin embargo, en la práctica no resulta factible analizar por separado la relación entre el rendimiento

académico de los alumnos y las características asociadas a cada pregunta del cuestionario.

Lo anterior se debe, tanto a la necesidad evidente de parsimonia en la interpretación de los modelos, como a consideraciones técnicas relacionadas con la medición de las variables, y el problema de la multicolinealidad. Con respecto a la medición de las variables, los modelos lineales que se presentan en secciones posteriores de este trabajo asumen que las variables se capturan sin error. Sin embargo, es razonable suponer que los ítems del cuestionario incluyen, en realidad, un grado importante de error de medición, tanto por inconsistencias en las respuestas de los alumnos, como por deficiencias en las escalas usadas. Además, es sabido que el uso de predictores altamente correlacionados entre sí en un modelo es causa de problemas de multicolinealidad en la estimación que pueden generar resultados poco confiables o inválidos.

En muestras de gran tamaño el error de medición, en principio, no afecta a los estimadores de promedios; por ejemplo, las medias estatales en la prueba nacional se estiman con gran precisión. Sin embargo, aun en muestras grandes, el error de medición sí puede dar como resultado una disminución considerable en la asociación entre variables y, por consiguiente, puede reducir el poder de las pruebas estadísticas para detectar correlaciones y efectos en el análisis.

Es hora de retomar nuestra hipótesis de partida para conformar el constructo que nos llevará a la posterior operacionalización de las variables de estudio. Es un hecho constatable que el avance de la sociedad de la información a consecuencia del desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones; lleva consigo un cambio de hábitos, no solo en lo social sino también cambios a nivel cultural e intelectual. A



consecuencia de ello, el alumnado dispone hoy en día de unos recursos innovadores cuya influencia en el rendimiento escolar nos proponemos estudiar en este trabajo de investigación.

PISA 2015 incluyó un cuestionario específico de hábitos de estudios relacionados con la preparación de los estudios en el hogar. El cuestionario de estudio fue el HOMSCH (IC010) en el cual se le pedía al alumnado que contestara a las siguientes preguntas:

**HOMSCH (IC010). ¿Con qué frecuencia se usan los dispositivos digitales fuera de la escuela para el trabajo escolar?**

Que contenía las siguientes preguntas, a saber:

- Q01TA. Navegar por Internet para realizar tareas escolares (por ejemplo, para preparar un ensayo o una presentación)
- Q02NA. Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones, por ejemplo, para encontrar explicaciones.
- Q03TA. Usar el correo electrónico para comunicarse con otros estudiantes sobre el trabajo escolar.
- Q04TA. Usar el correo electrónico para comunicarse con los profesores y la presentación de tareas, u otras tareas escolares.
- Q05NA. Usar las redes sociales para comunicarse con otros estudiantes sobre el trabajo escolar (por ejemplo, <Facebook>, <MySpace>).
- Q06NA. Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores (por ejemplo, <Facebook>, <MySpace>).

- Q07TA Descargar, cargar o explorar material del sitio web de mi escuela (por ejemplo, calendario o materiales del curso).
- Q08TA Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios, por ejemplo, ausencia de profesores.
- Q09NA Hacer la tarea en una computadora.
- Q10NA Hacer la tarea en un dispositivo móvil.
- Q11NA Descargar aplicaciones de aprendizaje en un dispositivo móvil.
- Q12NA Descarga de aplicaciones de aprendizaje de ciencias en un dispositivo móvil.

El conjunto de las posibles respuestas del alumnado fue la siguiente:

- R01. Nunca o casi nunca.
- R02. Una o dos veces al mes.
- R03. Una o dos veces a la semana.
- R04. Casi cada día.
- R05. Todos los días.

La Tabla 4 presenta los factores y los ítems resultantes de este proceso de depuración de las variables. A partir de la información provista en los cuestionarios de estudiantes y directores de centro, las variables seleccionadas para el presente estudio son presentadas en la siguiente tabla. Asimismo, la Tabla 4 muestra el nombre, escala y descripción de cada variable. Una descripción más detallada de las mismas las puede encontrar el lector en el siguiente texto (OECD, 2015a). En el Anexo II se muestran las variables estudiadas a nivel de estudiante y las estudiadas a nivel de centro escolar.

## **5. ANÁLISIS DE LOS DATOS**

Para abordar la estructura de datos multinivel y ajustar el sesgo de selección, utilizamos modelos de regresión lineal multinivel y modelos de regresión lineal. Las variables de resultados, control y tratamiento se describen en la Tabla 4.

El modelo multinivel nos ofreció unas tablas de salida con una parte fija del modelo, que se parece a cualquier otra salida de regresión, y unas tablas de salida referente a la parte aleatoria del modelo. Se construyeron gráficos que se analizaron e interpretaron y con ello obtuvimos nuestros resultados que se mostrarán en el próximo capítulo.

Tabla 4.

Operacionalización de las variables (I).

Conceptos	Variables investigadas	Tipo de escala	Significado
Rendimiento matemáticas	PV1MATH, ..., PV10MATH	Ratio	Valor plausible 1, ..., 10 en matemáticas
Rendimiento ciencias	PV1SCIE, ..., PV10SCIE	Ratio	Valor plausible 1, ..., 10 en ciencias
Rendimiento competencia lectora	PV1READ, ..., PV10READ	Ratio	Valor plausible 1, ..., 10 en competencia lectora
Contexto	ESCS	Ratio	Índice de estatus económico, social y cultural
Contexto	STRATUM	Nominal	Titularidad del centro escolar
Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q01TA	Nominal	Navegar por Internet para realizar tareas escolares (por ejemplo, para preparar un ensayo o una presentación)
Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q02NA	Nominal	Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones, por ejemplo, para encontrar explicaciones.
Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q03TA	Nominal	Usar el correo electrónico para comunicarse con otros estudiantes sobre el trabajo escolar.
Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q04TA	Nominal	Usar el correo electrónico para comunicarse con los profesores y la presentación de tareas, u otras tareas escolares.
Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q05NA	Nominal	Usar las redes sociales para comunicarse con otros estudiantes sobre el trabajo escolar (por ejemplo, <Facebook>, <MySpace>).
Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q06NA	Nominal	Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores (por ejemplo, <Facebook>, <MySpace>).
Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q07TA	Nominal	Descargar, cargar o explorar material del sitio web de mi escuela (por ejemplo, calendario o materiales del curso).
Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q08TA	Nominal	Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios, por ejemplo, ausencia de profesores.

Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q09NA	Nominal	Hacer la tarea en una computadora.
Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q10NA	Nominal	Hacer la tarea en un dispositivo móvil.
Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q11NA	Nominal	Descargar aplicaciones de aprendizaje en un dispositivo móvil.
Uso de TIC fuera de la escuela para el trabajo escolar	IC010Q12NA	Nominal	Descarga de aplicaciones de aprendizaje de ciencias en un dispositivo móvil.

Tabla 5.

Operacionalización de las variables (y II).

<b>Conceptos</b>	<b>Variables investigadas</b>	<b>Tipo de escala</b>	<b>Significado</b>
Género	ST004D01T	Nominal	Género estandarizado del estudiante
Contexto	hisei	Intervalo	out
Contexto	MOTIVAT	Intervalo	Actitudes estudiantiles, preferencias y creencias relacionadas con uno mismo: logro de motivación
Contexto	OUTHOURS	Intervalo	Tiempo de estudio fuera de la escuela por semana

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS DEL ESTUDIO

### 1. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LOS DATOS

Con la finalidad de conseguir un entendimiento básico de los datos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas se procedió a realizar el análisis exploratorio de los datos (AED), que arrojó los siguientes resultados resumidos en las siguientes tablas de distribución de frecuencias.

La Tabla 6 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q01TA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos erróneos en el censo) 139 individuos. Lo que supone un 7,55% del total inicial. Del resto de la muestra, 1703 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 92,45%. El mayor número de respuestas, a la pregunta "Navegar por Internet para realizar tareas escolares", que se obtuvo fue "Una o dos veces a la semana".

Tabla 6.

IC010Q01TA: Navegar por Internet para realizar tareas escolares (por ejemplo, para preparar un ensayo o una presentación).

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i> %	<i>Porcentaje</i> % <i>válido</i>	<i>Porcentaje</i> % <i>acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
1 Nunca o casi nunca	126	6,84	7,40	7,40
2 Una o dos veces al mes	472	25,62	27,72	35,11
3 Una o dos veces a la semana	622	33,77	36,52	71,64
4 Casi todos los días	343	18,62	20,14	91,78
5 Cada día	140	7,6	8,22	100,00
Total	1703	92,45	100	

<b>Datos excluidos</b>			
	Salto válido	7	0,38
	N/A	109	5,92
	miss	23	1,25
	Total	139	
<b>Total</b>		1842	100

La Tabla 7 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q02NA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos erróneos en el censo) 162 individuos. Lo que supone un 8,79% del total inicial. Del resto de la muestra, 1680 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 91,21%. El mayor número de respuestas, a la pregunta "Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones", que se obtuvo fue "Una o dos veces a la semana".

Tabla 7.

IC010Q02NA: Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones, por ejemplo, para encontrar explicaciones.

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje %</i>	<i>Porcentaje % válido</i>	<i>Porcentaje % acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
	1 Nunca o casi nunca	355	19.27	21.13
	2 Una o dos veces al mes	409	22.2	45.48
	3 Una o dos veces a la semana	516	28.01	76.19
	4 Casi todos los días	291	15.8	93.51
	5 Cada día	109	5.92	100.00
	Total	1680	91.2	100.00
<b>Datos excluidos</b>				
	Salto válido	7	0.38	
	N/A	132	7.17	
	miss	23	1,25	
	Total	162		

<b>Total</b>	1842	100
--------------	------	-----

La Tabla 8 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q03TA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos erróneos en el censo) 162 individuos. Lo que supone un 8,79% del total inicial. Del resto de la muestra, 1680 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 91,21%. El mayor número de respuestas, a la pregunta "Usar el correo electrónico para comunicarse con otros estudiantes sobre el trabajo escolar", que se obtuvo fue "Nunca o casi nunca".

Tabla 8.

IC010Q03TA: Usar el correo electrónico para comunicarse con otros estudiantes sobre el trabajo escolar.

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje %</i>	<i>Porcentaje % válido</i>	<i>Porcentaje % acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
1 Nunca o casi nunca	712	38.65	42.38	42.38
2 Una o dos veces al mes	353	19.16	21.01	63.39
3 Una o dos veces a la semana	319	17.32	18.99	82.38
4 Casi todos los días	201	10.91	11.96	94.35
5 Cada día	95	5.16	5.65	100.00
<b>Total</b>	1680	91.2	100.00	
<b>Datos excluidos</b>				
Salto válido	7	0.38		
N/A	132	7.17		
miss	23	1,25		
<b>Total</b>	162			
<b>Total</b>	1842	100		



La Tabla 9 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q04TA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos erróneos en el censo) 156 individuos. Lo que supone un 8,47% del total inicial. Del resto de la muestra, 1686 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 91,53%. El mayor número de respuestas, a la pregunta "Usar el correo electrónico para comunicarse con los profesores y la presentación de tareas, u otras tareas escolares", que se obtuvo fue "Nunca o casi nunca".

Tabla 9.

IC010Q04TA: Usar el correo electrónico para comunicarse con los profesores y la presentación de tareas, u otras tareas escolares.

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i> %	<i>Porcentaje</i> % válido	<i>Porcentaje</i> % <i>acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
1 Nunca o casi nunca	733	39.79	43.48	43.48
2 Una o dos veces al mes	478	25.95	28.35	71.83
3 Una o dos veces a la semana	278	15.09	16.49	88.32
4 Casi todos los días	136	7.38	8.07	96.38
5 Cada día	61	3.31	3.62	100.00
Total	1686	91.52	100.00	
<b>Datos excluidos</b>				
Salto válido	7	0.38		
N/A	126	6.84		
miss	23	1,25		
Total	156			
<b>Total</b>	<b>1842</b>	<b>100</b>		

La Tabla 10 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q05NA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos

erróneos en el censo) 151 individuos. Lo que supone un 8,20% del total inicial. Del resto de la muestra, 1691 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 91,80%. El mayor número de respuestas, a la pregunta “Usar las redes sociales para comunicarse con otros estudiantes sobre el trabajo escolar”, que se obtuvo fue “Nunca o casi nunca”, muy cerca de la respuesta “Casi todos los días”.

Tabla 10.

IC010Q05NA: Usar las redes sociales para comunicarse con otros estudiantes sobre el trabajo escolar (por ejemplo, <Facebook>, <MySpace>).

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i> %	<i>Porcentaje</i> % válido	<i>Porcentaje</i> % <i>acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
1 Nunca o casi nunca	436	23.67	25.78	25.78
2 Una o dos veces al mes	195	10.59	11.53	37.32
3 Una o dos veces a la semana	308	16.72	18.21	55.53
4 Casi todos los días	423	22.96	25.01	80.54
5 Cada día	329	17.86	19.46	100.00
Total	1691	91.8	100.00	
<b>Datos excluidos</b>				
Salto válido	7	0.38		
N/A	121	6.57		
miss	23	1,25		
Total	151			
<b>Total</b>	<b>1842</b>	<b>100</b>		

La Tabla 11 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q06NA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos erróneos en el censo) 164 individuos. Lo que supone un 8,90% del total inicial. Del resto de la muestra, 1678 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 91,10%. El

mayor número de respuestas, a la pregunta “Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores”, que se obtuvo fue “Nunca o casi nunca”.

Tabla 11.

IC010Q06NA: Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores (por ejemplo, <Facebook>, <MySpace>).

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje %</i>	<i>Porcentaje % válido</i>	<i>Porcentaje % acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
1 Nunca o casi nunca	1233	66.94	73.48	73.48
2 Una o dos veces al mes	150	8.14	8.94	82.42
3 Una o dos veces a la semana	131	7.11	7.81	90.23
4 Casi todos los días	86	4.67	5.13	95.35
5 Cada día	78	4.23	4.65	100.00
Total	1678	91.09	100.00	
<b>Datos excluidos</b>				
Salto válido	7	0.38		
N/A	134	7.27		
miss	23	1,25		
Total	164			
<b>Total</b>	1842	100		

La Tabla 12 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q07TA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos erróneos en el censo) 161 individuos. Lo que supone un 8,74% del total inicial. Del resto de la muestra, 1681 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 91,26%. El mayor número de respuestas, a la pregunta “Descargar, cargar o explorar material del sitio web de mi escuela”, que se obtuvo fue “Nunca o casi nunca”.

Tabla 12.

IC010Q07TA: Descargar, cargar o explorar material del sitio web de mi escuela (por ejemplo, calendario o materiales del curso).

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i> %	<i>Porcentaje</i> % válido	<i>Porcentaje</i> % <i>acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
1 Nunca o casi nunca	864	46.91	51.40	51.40
2 Una o dos veces al mes	349	18.95	20.76	72.16
3 Una o dos veces a la semana	264	14.33	15.70	87.86
4 Casi todos los días	134	7.27	7.97	95.84
5 Cada día	70	3.8	4.16	100.00
Total	1681	91.26	100.00	
<b>Datos excluidos</b>				
Salto válido	7	0.38		
N/A	131	7.11		
miss	23	1,25		
Total	161			
<b>Total</b>	1842	100		

La Tabla 13 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q08TA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos erróneos en el censo) 158 individuos. Lo que supone un 8,58% del total inicial. Del resto de la muestra, 1684 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 91,42%. El mayor número de respuestas, a la pregunta "Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios", que se obtuvo fue "Nunca o casi nunca".

Tabla 13.

IC010Q08TA: Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios, por ejemplo, ausencia de profesores.

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i> %	<i>Porcentaje</i> % válido	<i>Porcentaje</i> % <i>acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
1 Nunca o casi nunca	941	51.09	55.88	55.88
2 Una o dos veces al mes	298	16.18	17.70	73.57
3 Una o dos veces a la semana	228	12.38	13.54	87.11
4 Casi todos los días	136	7.38	8.08	95.19
5 Cada día	81	4.4	4.81	100.00
Total	1684	91.43	100.00	
<b>Datos excluidos</b>				
Salto válido	7	0.38		
N/A	128	6.95		
miss	23	1,25		
Total	158			
<b>Total</b>	1842	100		

La Tabla 14 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q09NA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos erróneos en el censo) 158 individuos. Lo que supone un 8,58% del total inicial. Del resto de la muestra, 1684 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 91,42%. El mayor número de respuestas, a la pregunta "Hacer la tarea en una computadora", que se obtuvo fue "Nunca o casi nunca".

Tabla 14.

IC010Q09NA: Hacer la tarea en una computadora.

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje %</i>	<i>Porcentaje % válido</i>	<i>Porcentaje % acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
1 Nunca o casi nunca	586	31.81	34.80	34.80
2 Una o dos veces al mes	411	22.31	24.41	59.20
3 Una o dos veces a la semana	391	21.23	23.22	82.42
4 Casi todos los días	201	10.91	11.94	94.36
5 Cada día	95	5.16	5.64	100.00
Total	1684	91.42	100.00	
<b>Datos excluidos</b>				
Salto válido	7	0.38		
N/A	128	6.95		
miss	23	1,25		
Total	158			
<b>Total</b>	<b>1842</b>	<b>100</b>		

La Tabla 15 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q10NA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos erróneos en el censo) 165 individuos. Lo que supone un 8,96% del total inicial. Del resto de la muestra, 1677 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 91,04%. El mayor número de respuestas, a la pregunta "Hacer la tarea en un dispositivo móvil", que se obtuvo fue "Nunca o casi nunca".

Tabla 15.

IC010Q10NA: Hacer la tarea en un dispositivo móvil.

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje %</i>	<i>Porcentaje % válido</i>	<i>Porcentaje % acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
1 Nunca o casi nunca	983	53.37	58.62	58.62
2 Una o dos veces al mes	272	14.77	16.22	74.84
3 Una o dos veces a la semana	209	11.35	12.46	87.30
4 Casi todos los días	144	7.82	8.59	95.89
5 Cada día	69	3.75	4.11	100.00
Total	1677	91.06	100.00	
<b>Datos excluidos</b>				
Salto válido	7	0.38		
N/A	135	7.33		
miss	23	1,25		
Total	165			
<b>Total</b>	1842	100		

La Tabla 16 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q11NA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos erróneos en el censo) 166 individuos. Lo que supone un 9,01% del total inicial. Del resto de la muestra, 1677 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 90,99%. El mayor número de respuestas, a la pregunta "Descargar aplicaciones de aprendizaje en un dispositivo móvil", que se obtuvo fue "Nunca o casi nunca".

Tabla 16.

IC010Q11NA: Descargar aplicaciones de aprendizaje en un dispositivo móvil.

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i> %	<i>Porcentaje</i> % <i>válido</i>	<i>Porcentaje</i> % <i>acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
1 Nunca o casi nunca	1153	62.6	68.79	68.79
2 Una o dos veces al mes	259	14.06	15.45	84.25
3 Una o dos veces a la semana	122	6.62	7.28	91.53
4 Casi todos los días	92	4.99	5.49	97.02
5 Cada día	50	2.71	2.98	100.00
Total	1676	90.98	100.00	
<b>Datos excluidos</b>				
Salto válido	7	0.38		
N/A	136	7.38		
miss	23	1,25		
Total	166			
<b>Total</b>	1842	100		

La Tabla 17 presenta estadísticas de prevalencia para el ítem IC010Q12NA. Del total de la muestra inicial se consideraron "ausentes" (no fueron localizables por datos erróneos en el censo) 171 individuos. Lo que supone un 9,28% del total inicial. Del resto de la muestra, 1677 cuestionarios, se obtiene un nivel de respuesta del 90,71%. El mayor número de respuestas, a la pregunta "Descarga de aplicaciones de aprendizaje de ciencias en un dispositivo móvil", que se obtuvo fue "Nunca o casi nunca".



Tabla 17.

IC010Q12NA: Descarga de aplicaciones de aprendizaje de ciencias en un dispositivo móvil.

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i> %	<i>Porcentaje</i> % válido	<i>Porcentaje</i> % <i>acumulado</i>
<b>Datos incluidos</b>				
1 Nunca o casi nunca	1244	67.54	74.45	74.45
2 Una o dos veces al mes	166	9.01	9.93	84.38
3 Una o dos veces a la semana	119	6.46	7.12	91.50
4 Casi todos los días	87	4.72	5.21	96.71
5 Cada día	55	2.99	3.29	100.00
Total	1671	90.72	100.00	
<b>Datos excluidos</b>				
Salto válido	7	0.38		
N/A	141	7.65		
miss	23	1,25		
Total	171			
<b>Total</b>	1842	100		

## 2. CORRELACIONES ENTRE VARIABLES DE LOS ALUMNOS

Es pertinente analizar la matriz de correlaciones entre las variables a nivel del estudiante, ésta permite confirmar el signo y el nivel de asociación entre los predictores de manera univariada (es decir, entre dos predictores sin ajustar o controlar por el efecto de otros predictores). Analizando la matriz de correlaciones es posible detectar problemas de linealidad (por ejemplo, cuando existe una relación de tipo cuadrático entre dos variables) o multicolinealidad (esta ocurre cuando el coeficiente de correlación entre dos predictores es muy alto, lo que desemboca comúnmente en problemas de estimación puesto que las dos variables proporcionan información

redundante). No obstante, es importante subrayar que con base en estos análisis no es posible hacer inferencias de causalidad entre las variables, ya que por definición se omiten variables relevantes cuyo efecto interesa controlar en análisis posteriores.

Antes de analizar los patrones en la matriz de correlaciones se debe notar que la mayoría de las correlaciones entre pares de variables son significativas, aun cuando la mayoría presenta coeficientes bajos, debido al tamaño de la muestra de estudiantes. Por lo tanto, las correlaciones se interpretan según su importancia práctica y no por su grado estadístico de significación.

Tabla 18.

Tabla de correlaciones por pares de las variables de estudio [N=1350] (I)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	MEDIAMAT	1											
2	MEDIASCI	r 0.9436	1										
		p 0.0000											
3	MEDIAREA	r 0.8881	0.9259	1									
		p 0.0000	0.0000										
4	ST004D01T	r 0.1221	0.0973	-0.0767	1								
		p 0.0000	0.0003	0.0048									
5	ESCS	r 0.3929	0.3740	0.3831	0.0078	1							
		p 0.0000	0.0000	0.0000	0.7745								
6	hisei	r 0.3436	0.3317	0.3357	0.0265	0.8244	1						
		p 0.0000	0.0000	0.0000	0.3306	0.0000							
7	MOTIVAT	r 0.2875	0.2467	0.2249	0.0625	0.1994	0.1556	1					
		p 0.0000	0.0000	0.0000	0.0217	0.0000	0.0000						
					-								
8	OUTHOURS	r 0.0068	0.0062	0.0206	0.0161	0.1154	0.0611	0.0983	1				
		p 0.8025	0.8186	0.4505	0.5542	0.0000	0.0248	0.0003					
					-								
9	IC010Q01TA	r 0.0492	0.0505	0.0535	0.0482	0.1106	0.0835	0.1597	0.1855	1			
		p 0.0709	0.0635	0.0494	0.0764	0.0000	0.0021	0.0000	0.0000				
			-	-	-								
10	IC010Q02NA	r 0.0397	0.0403	-0.0402	0.0074	0.0810	0.0226	0.1506	0.1728	0.6122	1		

			<i>p</i>	0.1453	0.1390	0.1395	0.7866	0.0029	0.4077	0.0000	0.0000	0.0000			
				-	-										
11	IC010Q03TA	<i>r</i>		0.0075	0.0230	-0.0352	0.0537	0.1253	0.0765	0.1092	0.1533	0.4369	0.4583	1	
		<i>p</i>		0.7844	0.3986	0.1959	0.0485	0.0000	0.0049	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000		
				-	-										
12	IC010Q04TA	<i>r</i>		0.0185	0.0290	-0.0547	0.0452	0.1320	0.1095	0.0819	0.1216	0.4017	0.4121	0.6084	1
		<i>p</i>		0.4967	0.2875	0.0444	0.0966	0.0000	0.0001	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

Tabla 18.

Tabla de correlaciones por pares de las variables de estudio [N=1350] (II)

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			-	-										
13	IC010Q05NA	<i>r</i>	0.0809	0.0892	-0.0696	0.0573	0.0226	0.0007	0.0613	0.0687	0.2646	0.2730	0.2529	0.2180
		<i>p</i>	0.0029	0.0010	0.0105	0.0352	0.4071	0.9784	0.0244	0.0116	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
			-	-										
14	IC010Q06NA	<i>r</i>	0.2082	0.2301	-0.2878	0.1454	0.0294	0.0168	0.0307	0.0876	0.2011	0.2869	0.4311	0.5059
		<i>p</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2809	0.5375	0.2603	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
			-	-										
15	IC010Q07TA	<i>r</i>	0.0414	0.0547	-0.0810	0.0653	0.1737	0.1470	0.1129	0.1198	0.3474	0.3493	0.4555	0.5175
		<i>p</i>	0.1280	0.0446	0.0029	0.0164	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
			-	-										
16	IC010Q08TA	<i>r</i>	0.0782	0.0922	-0.1083	0.0995	0.1819	0.1487	0.1002	0.1293	0.3164	0.3620	0.4252	0.4623
		<i>p</i>	0.0040	0.0007	0.0001	0.0003	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
			-	-										
17	IC010Q09NA	<i>r</i>	0.0004	0.0002	-0.0291	0.0640	0.1155	0.0711	0.0984	0.1009	0.4530	0.4298	0.4377	0.4867
		<i>p</i>	0.9876	0.9952	0.2848	0.0187	0.0000	0.0089	0.0003	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

			-	-				-						
18	IC010Q10NA	r	0.1437	0.1484	-0.1790	0.0863	0.0006	0.0177	0.0210	0.0627	0.2746	0.3158	0.3709	0.4233
		p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.9816	0.5165	0.4404	0.0211	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
			-	-				-						
19	IC010Q11NA	r	0.1399	0.1558	-0.2148	0.1485	0.0022	0.0405	0.0794	0.0861	0.2160	0.3093	0.3862	0.3994
		p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9371	0.1369	0.0035	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
			-	-				-						
20	IC010Q12NA	r	0.1227	0.1455	-0.2164	0.1617	0.0059	0.0278	0.0855	0.1348	0.2224	0.3123	0.4123	0.4353
		p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8299	0.3071	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



En promedio, los chicos tienden a rendir menos que las chicas en la prueba de lectura ( $\rho = -0,0767$ ); sin embargo, los chicos destacan en las pruebas de matemáticas ( $\rho = 0,1221$ ) y ciencias ( $\rho = 0,0973$ ). La correlación entre la puntuación de los alumnos y los indicadores de horas de estudio fuera de la escuela y motivación es positiva en todos los casos.

Se pueden resaltar algunas correlaciones entre los predictores (Tabla 19): el coeficiente de correlación de Pearson más elevado lo tienen las variables MEDIAMAT Y MEDIASCI (las medias entre el valor plausible en matemáticas y ciencias, respectivamente). Esto indica que el nivel en matemáticas es un excelente indicador del logro en ciencias. Altas también son las siguientes dos mayores correlaciones, aquellas que asocian la competencia lectora con la competencia matemática y la competencia en ciencias. Esto implica que, si los estudiantes comprenden el mensaje de los textos, esto favorece su capacidad cognitiva en otras materias. Una vez examinada la matriz de correlaciones obtuvimos las relaciones más relevantes y las mostramos en la Tabla 18.

Tabla 19.

Variables con coeficientes de Pearson más relevantes

V1	V2	RHO	VALORACION
MEDIAMAT	MEDIASCI	0.9436	Muy alta positiva
MEDIASCI	MEDIAREA	0.9259	Muy alta positiva
MEDIAMAT	MEDIAREA	0.8881	Muy alta positiva
ESCS	hisei	0.8244	Muy alta positiva
IC010Q11NA	IC010Q12NA	0.8070	Muy alta positiva
IC010Q07TA	IC010Q08TA	0.6839	Muy alta positiva
IC010Q01TA	IC010Q02NA	0.6122	Muy alta positiva
IC010Q03TA	IC010Q04TA	0.6084	Muy alta positiva
IC010Q09NA	IC010Q10NA	0.5886	Muy alta positiva
IC010Q06NA	IC010Q12NA	0.5656	Muy alta positiva
IC010Q10NA	IC010Q12NA	0.5481	Muy alta positiva
IC010Q10NA	IC010Q11NA	0.5472	Muy alta positiva
IC010Q06NA	IC010Q11NA	0.5301	Muy alta positiva

IC010Q04TA IC010Q07TA 0.5175 Muy alta positiva  
IC010Q04TA IC010Q06NA 0.5059 Muy alta positiva

El siguiente coeficiente de Pearson más significativo de la encuesta PISA2015 se da entre las variables ESCS (índice socioeconómico y cultural) e HISEI (índice del estado más alto ocupacional de los padres) con un valor de 0,82 y  $p < 0,000$ . Esto parece razonable ya que el nivel más alto de estudios de los padres se tiene en cuenta a la hora de calcular el índice ESCS. También vemos como el desempeño de los estudiantes se muestra débilmente relacionado con los entornos socioeconómicos de sus familias.

La Figura 11 muestra el diagrama de cajas y bigotes paralelos que son la mejor técnica gráfica para examinar la relación entre una variable categórica y una variable cuantitativa, así como la distribución de la variable cuantitativa en cada nivel de la variable categórica. Esta figura indica que sí existe una relación entre las variables género y rendimiento medio. Concretamente en competencia matemática y competencia científica se observa que los chicos tienen valores superiores respecto a la media, la mediana y los percentiles al 25% y 75%. Mientras que en competencia lectora son las chicas las que obtienen valores superiores a los chicos en estos mismos estadísticos. Ambas categorías presentan una variabilidad y homogeneidad muy semejante.



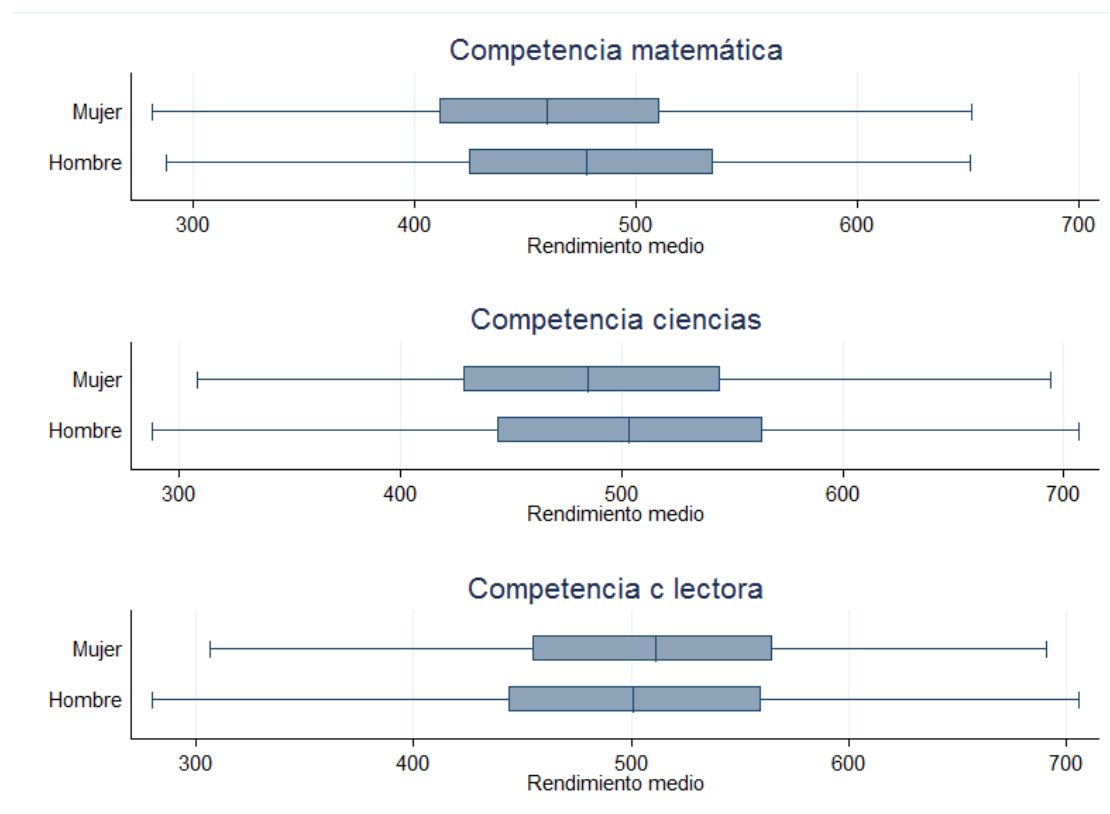
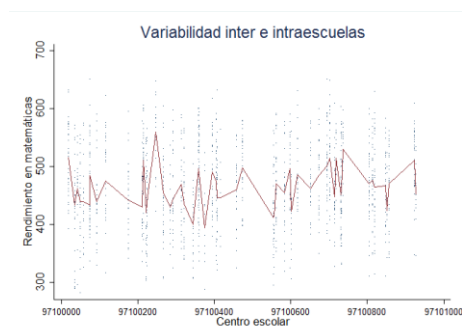


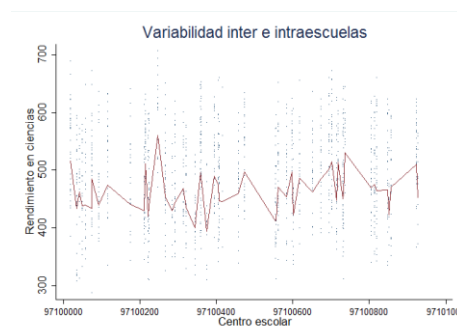
Figura 11. Variabilidad en los rendimientos en matemáticas, ciencias y competencia lectora por género.

Utilizamos un diagrama de puntos (uno por estudiante) en el que las medias de rendimiento de las escuelas están marcadas por una línea de trazo grueso (Figura 12, Figura 13 y Figura 14). En estas figuras, las medias de rendimiento se encuentran dispuestas en el eje de abscisas, para cada colegio, y también en el mismo eje la puntuación PISA2015 lograda por cada estudiante. De los diagramas de dispersión no nos extraña que aparezca varianza inter e intraescuela en las puntuaciones PISA2015 ya que era de esperar. Esto indica que hay dispersión suficiente como para que debamos encontrar predictores de nivel individual. La línea de trazo grueso oscila mucho entre centros escolares y, por tanto, tenemos aquí los primeros indicios de que nuestras variables dependientes se encuentran afectadas por procesos inter e intraescuela, es

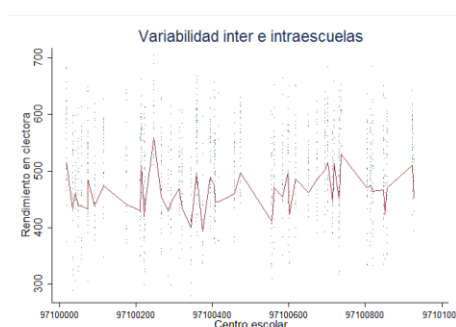
decir, que el rendimiento individual está en parte determinado por la forma en que los individuos se distribuyen entre las escuelas y la forma en la que estas funcionan.



*Figura 12.* Descripción de la varianza. (matemáticas).



*Figura 13.* Descripción de la varianza. (ciencias).



*Figura 14.* Descripción de la varianza. (clectora).

En consecuencia, los estudiantes presentan una buena cantidad de variabilidad en términos de los rendimientos PISA2015. Estos resultados sugieren que los efectos aleatorios asociados con los estudiantes también deben ser incluidos en el modelo multinivel (lo que significa que los efectos aleatorios de los estudiantes se estudiarán simultáneamente con los efectos aleatorios de los centros y la CA, dada la estructura de estos datos).

A continuación, nos detendremos en resumir estadísticamente los datos de la muestra. A la luz de estos datos nos proponemos agrupar y representar la información

de forma ordenada, de tal manera que nos permita identificar rápidamente aspectos característicos del comportamiento de los datos.

### **3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS DATOS**

#### **3.1. Frecuencias absolutas.**

La muestra de partida estuvo constituida por 54 centros, de los que participaron 1842 alumnos. Con una variación de participación entre 8 y 37 alumnos por centro escolar.

#### **3.2. Detección de datos extremos.**

La detección de valores extremos (*outliers*) se realizó por medio de una inspección de la distribución de las series de datos ordenada. Al estar representada por una serie lineal de puntos, se pudo distinguir en la misma aquellos puntos que quedan alejados del cuerpo central de resultados, ya sea por encima o por debajo de estos. Algunas de las posibles causas que motivan dichas desviaciones pueden ser: errores humanos y falta de respuestas suficientes. Al eliminar los valores extremos que desvirtúan los resultados de valor medio y de dispersión, así como la distribución de esta, se consigue establecer unos estadísticos de cálculo limitados a unos valores realistas y justificados. Una vez acabado el proceso de exclusión de datos anómalos el número de casos de la muestra mermó de 1842 a 1350 alumnos (Tabla 20).

La distribución de frecuencias revela que en la muestra participaron más chicas que chicos, siendo la diferencia de 66 alumnos.

Tabla 20.

Frecuencias absolutas por género.

Autonomía	Sexo del estudiante			Total
	Mujer	Hombre		
Canarias	n	708	642	1350
	%	52,44	47,56	100

Hay una mayor dispersión en las puntuaciones de los chicos en ciencias que en el resto de los casos como se puede observar en la Tabla 21. Los valores más bajos se consiguieron los chicos en competencia lectora. Sin embargo, los valores máximos se consiguieron por parte de los chicos en ciencias. El rendimiento medio más alto se consiguió en competencia lectora por parte de las chicas.

No se han usado los valores finales ofrecidos por PISA2015, sino que se ha obtenido la media aritmética de los valores plausibles de las 10 pruebas en matemáticas, las 10 en ciencias y las 10 en competencia lectora.

En matemáticas la diferencia en puntuación media fue de 17,62 puntos a favor de los chicos. La diferencia entre los valores mínimos fue de 6,12 a favor de los chicos. En ciencias la diferencia en puntuación media fue de 15,33 puntos a favor de los chicos. Y la diferencia entre los valores mínimos fue de 20,09 a favor de las chicas. En competencia lectora, la diferencia en puntuación media fue de 11,08 puntos a favor de las chicas. Y la diferencia entre los valores mínimos fue de 26,38 a favor de las chicas.

Tabla 21.

Resumen de estadísticos descriptivos.

Variable	Mujer					Hombre				
	N	mean	sd	min	max	N	mean	sd	min	max
MEDIAMAT	708	460.15	70.28	281.88	651.66	642	477.77	72.95	288.00	651.08

MEDIASCI	708	486.84	76.63	307.84	694.19	642	502.17	80.15	287.75	706.87
MEDIAREA	708	509.28	74.61	306.39	690.59	642	497.48	78.93	280.01	705.70
ESCS	708	-0.71	1.19	-3.53	2.37	642	-0.69	1.13	-3.21	3.27
hisei	708	45.48	22.27	12	89	642	46.67	22.59	13	89
MOTIVAT	708	-0.18	0.90	-2.40	1.85	642	-0.06	0.99	-3.09	1.85
OUTHOURS	708	18.39	13.24	0	70	642	17.96	12.98	0	68
IC010Q01TA	708	3.03	1.01	1	5	642	2.93	1.02	1	5
IC010Q02NA	708	2.68	1.18	1	5	642	2.66	1.16	1	5
IC010Q03TA	708	2.13	1.26	1	5	642	2.26	1.24	1	5
IC010Q04TA	708	1.97	1.08	1	5	642	2.07	1.16	1	5
IC010Q05NA	708	3.10	1.50	1	5	642	2.93	1.43	1	5
IC010Q06NA	708	1.39	0.97	1	5	642	1.71	1.20	1	5
IC010Q07TA	708	1.84	1.13	1	5	642	2.00	1.17	1	5
IC010Q08TA	708	1.75	1.13	1	5	642	1.98	1.21	1	5
IC010Q09NA	708	2.23	1.23	1	5	642	2.38	1.20	1	5
IC010Q10NA	708	1.71	1.14	1	5	642	1.91	1.20	1	5
IC010Q11NA	708	1.40	0.85	1	5	642	1.70	1.13	1	5
IC010Q12NA	708	1.33	0.83	1	5	642	1.66	1.15	1	5

### 3.3. Balance de los datos en la jerarquía de los dos niveles.

Este estudio tiene una estructura de dos niveles: el alumnado constituye el nivel 1 y los centros escolares son los grupos de nivel 2. Ajustaremos el modelo multinivel de dos niveles para examinar la importancia relativa de las escuelas como influencia en el rendimiento académico de los estudiantes, y prestaremos especial atención a la evaluación de los posibles efectos asociativos del uso eficaz de las TIC.

En modelos multinivel de dos niveles, podemos incluir variables en todos los niveles. En nuestro caso tenemos variables que miden las características individuales de los estudiantes, pero también podemos agregar variables que miden las características de sus escuelas. Los datos consisten en 1350 estudiantes (nivel 1) anidados dentro de 54 centros escolares (nivel 2).

La variable respuesta considerada en el estudio es la puntuación media en competencia matemática, que toma valores dentro del rango (250, 750). Consideraremos esta puntuación como una variable de respuesta continua en nuestro modelo multinivel. Las variables predictoras de interés son las mencionadas en la Tabla 4 . La variable CNTSCHID actúa como variable de anidamiento de nivel 2.

Una cuestión importante que es pertinente reconocer aquí es que las estadísticas descriptivas basadas en variables de nivel superior deben basarse en una observación por unidad de nivel superior. Por lo tanto, las estadísticas descriptivas a nivel de centro deben basarse en 54 observaciones, una observación por centro.

#### **3.4. Síntesis de las variables predictoras y de respuesta.**

La representación gráfica de la distribución de los datos numéricos de nuestra muestra no es imprescindible para el análisis multinivel, tampoco comprobar su normalidad. Pero, aun así, se muestra a continuación la distribución de las variables explicadas con el objeto de conocer mejor cómo se comportan en nuestra muestra.

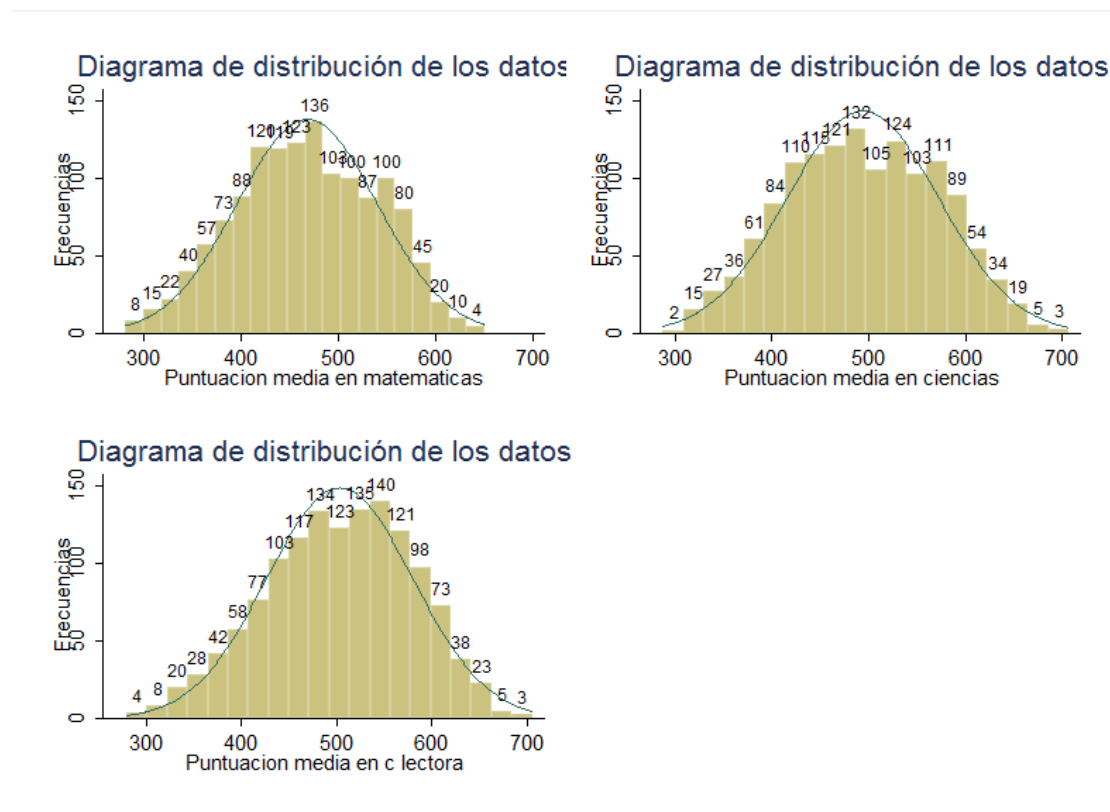


Figura 15. Diagramas de distribución de las variables respuesta.

Los histogramas de la Figura 15 nos dicen que la distribución de los datos de la muestra de estudio de los rendimientos en matemáticas, ciencias y competencia lectora se ajustan significativamente a una distribución teórica normal o gaussiana.

Llegados a este punto resulta de interés explicar a nivel exploratorio, mediante la técnica de regresión lineal, el efecto del género del alumnado en el rendimiento escolar. Para ello, obtenemos el valor de la constante y de la pendiente asociada a la variable sexo. Estimando 54 modelos, uno para cada centro escolar. Se representa directamente todas las líneas de regresión de forma conjunta, a partir de los resultados de la estimación de pendientes y constantes para cada centro escolar. Estos resultados se han representado en la Figura 16 y revela información valiosa. En primer lugar, confirma que, con algunas excepciones que podrían ser interpretadas como casos

atípicos, la relación entre el género y los resultados en matemáticas de los estudiantes en Canarias es ligeramente favorable a los chicos. Segundo, existe discordancia entre la diferencia, anteriormente calculada, de rendimiento medio en competencia científica entre chicos y chicas y, la tendencia media obtenida de las rectas de regresión por centros que indican que las chicas superan en puntuación a los chicos. Esto es sin duda debido al agrupamiento por centros de las rectas de regresión. Tercero, se confirma la prevalencia de las chicas frente a los chicos en competencia lectora.

Se observan diferencias aún más apreciables en el intercepto de los centros, es decir, en el punto en el que las rectas de regresión cortan el eje vertical. Existen diferencias entre los centros que las variables de nivel individual podrían no ser capaces de explicar. Esto debe ser interpretado como una prueba de que las puntuaciones medias de los centros difieren por razones diversas, algo que en este gráfico es tomado como ajeno a estos, pero que la regresión multinivel permite modelizar. La regresión en un único nivel, representada por las líneas en negrita de la Figura 16, ignora la heterogeneidad que se detecta en el análisis exploratorio en torno al intercepto de todas las regresiones por separado. Por tanto, para el investigador es evidente que si se pretende explicar el rendimiento escolar se hace muy ventajoso considerar el análisis multinivel.



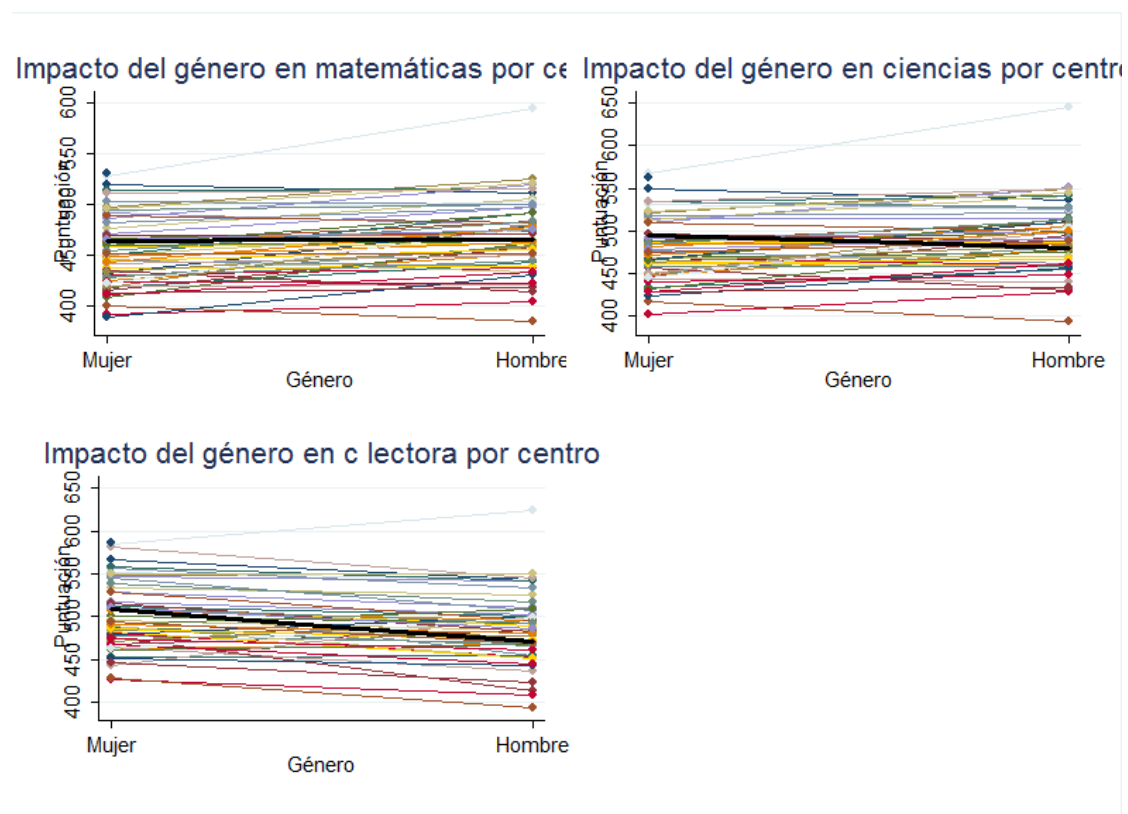


Figura 16. Impacto del género estudiantil en el rendimiento medido por centro. Una recta de regresión por cada colegio.

Se hace evidente asimismo la ventaja que supone el análisis con el modelado multinivel, ya que, con los predictores que maneja el presente estudio, para estimar una regresión multinivel propiamente dicha, el análisis multinivel realiza una estimación más sintética y eficiente de los efectos que nos interesan. Es decir, los modelos multinivel son capaces de analizar estos casos sin los supuestos de homogeneidad de las pendientes de regresión.

## 4. ANÁLISIS INFERENCIAL DE LOS DATOS.

### 4.1. Los estadísticos **MEDIAMAT**, **MEDIASCI** y **MEDIAREA**.

El archivo de datos de estudiantes PISA2015 contiene valores plausibles o creíbles para valorar las distintas competencias del estudio. Concretamente diez de ellas están relacionadas con la competencia matemática, etiquetadas como: PV1MATH, ..., PV10MATH. Estos valores competenciales se han sintetizado en una nueva variable calculada, que nos fija el comportamiento del rendimiento en matemáticas, calculado a partir de los datos individuales recogidos en la información disponible, y cuya ecuación de cálculo es la siguiente:

$$MEDIAMAT_i = \frac{\sum_{j=1}^{10} PVjMATH_i}{10} \quad (1)$$

De igual forma para este primer estudio preliminar exploratorio también se ha calculado los valore medios competenciales de ciencia y lectura.

$$MEDIASCI_i = \frac{\sum_{j=1}^{10} PVjSCIE_i}{10} \quad (2)$$

$$MEDIAREA_i = \frac{\sum_{j=1}^{10} PVjREAD_i}{10} \quad (3)$$

Donde el subíndice  $i$  hace referencia a cada caso (estudiante analizado) en particular.

Tabla 22.

Principales estadísticos de la variable calculada MEDIAMAT, MEDIASCI y MEDIAREA.

Estadístico	MEDIAMAT	MEDIASCI	MEDIAREA
N	1350	1350	1350
Mínimo	260,38	275,96	254,07
Máximo	677,84	727,84	705,70
Rango	417,46	451,88	451,63

Media		464,22	489,46	497,31
Varianza		5542,02	6549,78	6474,75
Std. Dev.		74,44	80,93	80,47
Percentiles				
	1%	295,56	316,41	310,30
	5%	342,74	355,34	354,43
	10%	366,18	384,38	389,85
	25%	411,99	428,73	441,63
	50%	462,16	487,19	500,34
	75%	520,41	551,54	557,78
	90%	562,45	595,91	598,83
	95%	580,36	619,78	620,44
	99%	624,35	660,39	659,39
Asimetría (Skewness)		-0,03	0,01	-0,22
Kurtosis		2,53	2,43	2,58

Se observa en la Tabla 22 que el coeficiente de asimetría de la competencia matemática MEDIAMAT es -0,03, lo que quiere decir que presenta una distribución asimétrica ligeramente negativa, es decir, se concentran más valores a la izquierda de la media que a su derecha. Más acentuada tiene la asimetría la competencia lectora, mientras que la competencia científica tiene una asimetría ligeramente positiva. El coeficiente de kurtosis de Fisher de las tres competencias nos dice que la distribución de las variables tiene forma leptocúrtica.

## **5. MODELO MULTINIVEL DE RENDIMIENTO ESCOLAR EN MATEMÁTICAS CONSIDERANDO LOS CENTROS ESCOLARES**

En esta sección se presentan los resultados del análisis multinivel de factores asociados a la competencia en matemáticas de alumnos de centros escolares de la etapa secundaria en Canarias en el año 2015. En primer lugar, se presenta el modelo nulo de dos niveles para dividir la varianza en los puntajes en componentes correspondientes a alumnos y centros. Este modelo permite establecer el grado de correlación intraclase en el modelo, y además es la base para evaluar el poder predictivo de las variables incorporadas al modelo en los pasos posteriores. El interés principal de este estudio es investigar el impacto del uso de las TIC. Utilizando datos de los estudiantes (nivel 1) y los datos de la escuela (nivel 2), se toman tres modelos anidados por niveles para investigar la relación entre el rendimiento en matemáticas, la intervención de la escuela y el uso de las TIC.

## **6. ESPECIFICACIÓN Y AJUSTE DEL MODELO DE DOS NIVELES PARA EL RENDIMIENTO EN MATEMÁTICAS**

### **6.1. Ajuste del Modelo vacío, Modelo nulo o Modelo incondicional (M0).**

El primer modelo de dos niveles, totalmente incondicional, es decir, sin variables predictoras en los niveles, sirve para identificar la forma en que las medidas del desempeño en competencia matemática se distribuyen entre los dos niveles citados: estudiantes y centros escolares. Este modelo se utiliza como una referencia para el resto del análisis. El modelo incondicional describe el desempeño en competencia

matemática de un estudiante cualquiera sin utilizar variables explicativas. Comenzamos el análisis especificando y ajustando un modelo de componentes de varianza de dos niveles a las puntuaciones de competencia matemática de los estudiantes. Este modelo incluye solamente un intercepto, los efectos aleatorios de los centros, y un término de error residual del nivel del estudiante. No se hacen ajustes para las variables predictoras. El modelo simplemente descompone la varianza total en las puntuaciones de competencia matemática de los estudiantes en componentes separados de centros escolares y el de estudiantes.

El primer modelo, el modelo vacío, viene definido por la siguiente función:

$$MEDIAMAT_{ij} = \beta_{0j} + \varepsilon_{ij} \quad (4)$$

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad (5)$$

$$u_{0j} \sim N(0, \sigma_{u0}^2) \quad (6)$$

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_{\varepsilon}^2) \quad (7)$$

Combinando las ecuaciones (4) y (5) se obtiene:

$$MEDIAMAT_{ij} = \gamma_{00} + u_{0j} + \varepsilon_{ij} \quad (8)$$

Donde  $MEDIAMAT_{ij}$  es la puntuación PISA2015 media observada después de analizadas las pruebas del estudiante  $i$  ( $i = 1, \dots, 1350$ ) de los centros  $j$  ( $j = 1, \dots, 54$ ),  $\gamma_{00}$  es la puntuación media en todos los centros,  $u_{0j}$  es el efecto de los centros escolares, y  $\varepsilon_{ij}$  es el término de error residual del nivel del estudiante. Los efectos en el centro escolar y los residuales de los estudiantes se asumen independientes y con distribución normal con media cero y varianzas constantes.

El modelo se adaptó a 54 centros escolares anidados dentro de 1 CA, y el número de alumnos por centro escolar osciló entre 8 y 37.

El modelo produjo las estimaciones de varianza de la Tabla 23. Puede observarse que las participaciones de los efectos aleatorios de los niveles 1 y 2 en la varianza total están muy desbalanceados (fracción de varianza al nivel de estudiantes de 84,49% y 15,51% a nivel de escuelas). Estos valores indican que la diferencia entre los centros escolares contribuye en un 15,51% a explicar la variabilidad en el rendimiento en competencia matemática. El resto de la variabilidad puede atribuirse a diferencias entre los individuos u otras agrupaciones que puedan hacerse.

Tabla 23.

Modelo vacío (M0) para el rendimiento escolar en matemáticas.

Efectos fijos	Coefficientes	Error Estándar	z-stat	p-valor
Intercepto ( $\gamma_{00}$ )	466,65	4,31	108,22	0,000

Efectos aleatorios	Componente de la varianza	Error Estándar	Porcentaje de la varianza
Intercepto ( $\sigma^2_{u0}$ )	811,91	195,66	15,51%
Residuo ( $\sigma^2_{eij}$ )	4424,38	173,89	84,49%

*Nota.* Estadísticas para el modelo vacío: desajuste promedio (*deviance*) = 15255,56;  $X^2 = 124,49$  (con respecto a un modelo de regresión lineal)

Asimismo, la Tabla 23 indica que existe más variación dentro de los centros escolares (4424,38) que fuera de los centros (811,91). La prueba de razón de verosimilitud que compara este modelo de 2 niveles con otro de regresión lineal dentro de los centros escolares ( $X^2 = 124,49$ ,  $p < 0,000$ ), confirman que la varianza en los centros escolares es significativa por separado. Por lo tanto, los estudiantes que son enseñados en el mismo centro escolar son significativamente más homogéneos que los

compañeros de escuela que se enseñan en dos centros diferentes. Dicho de otra manera, las puntuaciones PISA2015 varían significativamente entre los centros escolares. Por tanto, el estudio de los datos utilizando un enfoque multinivel mejora claramente el análisis, sobre aquel de un solo nivel, según los resultados obtenidos con estos datos muestrales.

En este caso, la media global es de 466,65 puntos en la escala PISA con error estándar 4,31. El error estándar del efecto aleatorio es: 173,89 para el nivel de los estudiantes y para el nivel de las escuelas 195,66 puntos en la escala PISA. El valor de desajuste (deviance) de 15255,56 se empleará como referencia para dictaminar la mejora que proporcionan los modelos en los siguientes análisis. Este desajuste es el promedio de los modelos realizados con los valores plausibles.

## **6.2. Verificación del modelo (residuos). Diagnósticos de la regresión.**

Aunque no tenemos aún el modelo definitivo del cual obtener las principales conclusiones, el modelo vacío nos sirve como punto de referencia con el que se compararán otros modelos posteriores. Así un primer análisis, en este punto investigativo, de los residuos arroja los datos que se presentan en la Figura 17. Observándose, como es prescriptivo, que en el modelado multinivel hay residuos en todos los niveles del análisis. A tenor de lo que se muestra en la Figura 17, se comprueba que no existe ningún patrón sistemático que relacione los residuos normalizados con la predicción que hacemos en cada caso. La distribución de los residuos es perfectamente aleatoria.

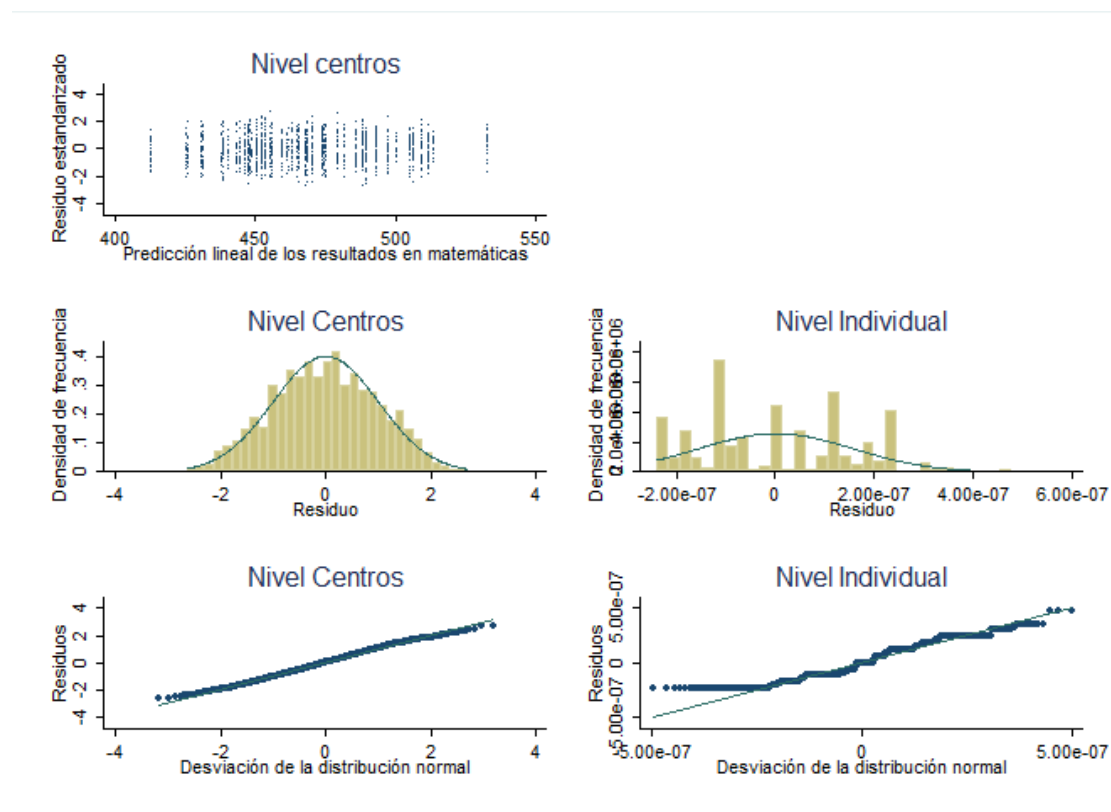


Figura 17. Nube de puntos, histogramas y normalidad del modelo vacío.

Los histogramas y los gráficos de cuantil normal (*qnorm*) en la Figura 17 nos dan información muy similar. Son sólo dos maneras de ver la distribución de nuestros residuos. Los histogramas muestran que los residuos de centros escolares se distribuyen normalmente sin que se observen valores atípicos notables. En términos del diagrama de *qnorm*, los puntos se acercan a la línea diagonal recta de forma satisfactoria. Una vez más, podemos ver que hay evidencia de normalidad en el caso de los residuos de los dos niveles.

### 6.3. Ajuste del Modelo con variables añadidas a nivel estudiante (M1).

A continuación, especificamos un modelo de intercepto aleatorio de dos niveles y comparamos el ajuste del modelo con el modelo vacío de dos niveles. Introduciremos variables predictoras de estudiantes y escuelas en el modelo de dos niveles. El objetivo



en este modelo es explorar si las características de las escuelas y el alumnado están asociadas de manera significativa con el rendimiento promedio en la prueba de matemáticas.

El modelo 1 lo definimos de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{MEDIAMAT}_{ij} = & \gamma_{00} + u_{0j} + \varepsilon_{ij} + \\
 & + \beta_1 \text{Genero}_{ij} + \beta_2 \text{ESCS}_{ij} + \beta_3 \text{hisei}_{ij} + \\
 & + \beta_4 \text{MOTIVAT}_{ij} + \beta_5 \text{OUTHOURS}_{ij} + \beta_6 \text{IC010Q01TA}_{ij} + \\
 & + \beta_7 \text{IC010Q02NA}_{ij} + \beta_8 \text{IC010Q03TA}_{ij} + \beta_9 \text{IC010Q04TA}_{ij} + \\
 & + \beta_{10} \text{IC010Q05NA}_{ij} + \beta_{11} \text{IC010Q06NA}_{ij} + \beta_{12} \text{IC010Q07TA}_{ij} + \\
 & + \beta_{13} \text{IC010Q08TA}_{ij} + \beta_{14} \text{IC010Q09NA}_{ij} + \beta_{15} \text{IC010Q10NA}_{ij} + \\
 & + \beta_{16} \text{IC010Q11NA}_{ij} + \beta_{17} \text{IC010Q12NA}_{ij}
 \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
 u_{0j} & \sim N(0, \sigma_{u_0}^2) \\
 \varepsilon_{ij} & \sim N(0, \sigma_{\varepsilon}^2)
 \end{aligned}$$

Este modelo contiene varias pendientes aleatorias (es decir, los coeficientes betas), lo que significa que estamos permitiendo que los efectos y pendientes de todos factores de estudio y, por tanto, la pendiente de nuestra ecuación de regresión varíe en cada grupo. Este modelo es más apropiado que el modelo anterior para las variables que se utilizan, ya que es intuitivo suponer que las variables de estudio varían de un grupo a otro.

Los coeficientes de la Tabla 24 corresponden con el intercepto (que sirve como valor base para la puntuación de competencia matemática de los estudiantes) y con las pendientes del modelo para cada una de las variables explicativas del primer nivel (que sirven como indicador de la fluctuación de la variable dependiente conforme hay un cambio unitario en la variable independiente). No todas las variables explicativas empleadas en este modelo intervienen de manera estadísticamente significativa.

Las estimaciones de los parámetros de efecto fijo, los errores estándar, las pruebas de significación y los intervalos de confianza al 95% se obtuvieron ajustando el Modelo 1 a los datos de puntuación PISA2015 en rendimiento en matemáticas con Stata 14 y son los siguientes:

Tabla 24.

Parámetros del Modelo 1, con predictores en nivel 1 para el rendimiento escolar en matemáticas.

Efectos fijos	Coefficientes	Error Estándar	z-stat	p-valor
<b>Intercepto</b>				
$\gamma_{00}$	469,87	11,15	42,16	0,00
<b>Pendientes</b>				
Género ( $\beta_1$ )	20,96	3,35	6,25	0,00
ESCS ( $\beta_2$ )	16,59	2,58	6,42	0,00
hisei ( $\beta_3$ )	0,12	0,13	0,95	0,34
MOTIVAT ( $\beta_4$ )	17,31	1,80	9,64	0,00
OUTHOURS ( $\beta_5$ )	-0,21	0,13	-1,67	0,10
IC010Q01TA ( $\beta_6$ )	4,83	2,18	2,22	0,03
IC010Q02NA ( $\beta_7$ )	-4,20	1,89	-2,22	0,03
IC010Q03TA ( $\beta_8$ )	1,91	1,80	1,06	0,29
IC010Q04TA ( $\beta_9$ )	3,68	2,16	1,71	0,09
IC010Q05NA ( $\beta_{10}$ )	-1,35	1,20	-1,13	0,26
IC010Q06NA ( $\beta_{11}$ )	-13,23	2,06	-6,43	0,00
IC010Q07TA ( $\beta_{12}$ )	1,18	2,16	0,55	0,59
IC010Q08TA ( $\beta_{13}$ )	-8,06	2,14	-3,76	0,00
IC010Q09NA ( $\beta_{14}$ )	3,91	1,95	2,01	0,05
IC010Q10NA ( $\beta_{15}$ )	-3,40	1,99	-1,71	0,09
IC010Q11NA ( $\beta_{16}$ )	-5,14	2,86	-1,80	0,07
IC010Q12NA ( $\beta_{17}$ )	4,25	2,93	1,45	0,15
<hr/>				
Efectos aleatorios	Estimaciones	SE	Porcentaje de la varianza	
Intercepto ( $\sigma^2_{u0j}$ )	227,98	81,69	6,16%	
Residuo ( $\sigma^2_{eij}$ )	3475,98	137,3099	93,84%	

*Nota.* Estadísticas para el modelo M1: desajuste promedio (*deviance*) = 14890,11; Mejora respecto del modelo de referencia (M0): 2,4%.  $\chi^2 = 365,45$  (con respecto a M0).

Tabla 25.

Comparativa de la varianza explicada entre los modelos M0 y M1.

Nivel	Componente de la varianza en el modelo M0	Componente de la varianza en el modelo M1	Diferencia de varianza %
Estudiante ( $\varepsilon_{ij}$ )	4424,38	3475,98	21,44
Escuela ( $u_{oj}$ )	811,91	227,98	71,92

Vemos en la Tabla 24 y Tabla 25 que el ajuste del modelo M1 mejora significativamente con respecto al modelo vacío de dos niveles M0. En base a estas estimaciones, concluimos que el valor esperado de la puntuación matemática PISA2015 para estudiantes de 15 años de Canarias es 469,87. Este modelo mejora en forma significativa el desajuste del modelo incondicional (véase Tabla 25), pero refleja cambios de forma moderada en el primer nivel (las variables independientes explican el 21,44% de la varianza del primer nivel), sin embargo, inciden de forma más notable en el otro nivel. Sin haber hecho intervenir más que las variables del nivel 1, esta combinación explica el 71,92% de la varianza del nivel 2, que ocupa tan solo el 6,16% de la varianza total de las puntuaciones de los estudiantes en Matemáticas.

Esperamos, por tanto, que el 95% de los efectos de centros escolares se encuentre en el rango de 440,28 a 499,47. Y que el 95% de los efectos de estudiantes se encuentre en el rango de 354,32 a 585,43. También concluimos que no todas las variables de estudio han resultado ser significativas al nivel del 5%. Estos resultados fueron los causantes que nos hicieron replantear el modelo en la fase siguiente.

#### **6.4. Ajuste del Modelo con variables añadidas a nivel estudiante eliminando los factores no significativos (M2 y M3).**

A continuación, especificamos un modelo de intercepto aleatorio de dos niveles, y comparamos el ajuste del modelo con el modelo M1 de dos niveles. Introduciremos variables predictoras de estudiantes y escuelas en el modelo de dos niveles. El objetivo en este modelo es explorar si se produce una mejora significativa en las características de las escuelas y el alumnado, con el rendimiento promedio en la prueba de matemáticas.

El modelo M2 lo definimos de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{MEDIAMAT}_{ij} = & \gamma_{00} + u_{0j} + \varepsilon_{ij} + \\
 & + \beta_1 \text{Genero}_{ij} + \beta_2 \text{ESCS}_{ij} + \\
 & + \beta_3 \text{MOTIVAT}_{ij} + \beta_4 \text{IC010Q01TA}_{ij} + \\
 & + \beta_5 \text{IC010Q02NA}_{ij} + \beta_6 \text{IC010Q06NA}_{ij} \\
 & + \beta_7 \text{IC010Q08TA}_{ij} + \beta_8 \text{IC010Q09NA}_{ij} +
 \end{aligned} \tag{10}$$

$$\begin{aligned}
 u_{0j} & \sim N(0, \sigma_{u0}^2) \\
 \varepsilon_{ij} & \sim N(0, \sigma_{\varepsilon}^2)
 \end{aligned}$$

Se han eliminado las variables IC010Q07TA, hisei, IC010Q03TA, IC010Q05NA, IC010Q12NA, OUTHOURS, IC010Q04TA, IC010Q10NA y IC010Q11NA, por considerarlas no significativas al 5% (p-valor > 0,05) según el modelo M1.

Vemos en la Tabla 26 que todas las variables independientes tienen un efecto significativo en las puntuaciones de matemáticas menos la variable IC010Q09NA (p-valor = 0,08). Además, el ajuste del modelo 2 mejora significativamente con respecto al modelo vacío de dos niveles (véase Tabla 27). En base a estas estimaciones, concluimos que el valor esperado de la puntuación matemática PISA2015 para estudiantes de 15 años de Canarias es 472,48.

A tenor de estos datos esperamos que el 95% de los efectos de centros escolares se encuentre en el rango de 442,69 a 502,27. Y que el 95% de los efectos de estudiantes se encuentre en el rango de 356,14 a 588,82. También concluimos que no todas las variables de estudio han resultado ser significativas al nivel del 5%. Esto dará pie a replantear el modelo en la fase siguiente.

Las estimaciones de los parámetros de efecto fijo, los errores estándar, las pruebas de significación y los intervalos de confianza al 95% se obtuvieron ajustando el Modelo 2 a los datos de puntuación PISA2015 en rendimiento en matemáticas con Stata 14 y son los que se muestran en la Tabla 26:

Tabla 26.

Parámetros del Modelo 2, con predictores en nivel 1 para el rendimiento escolar en matemáticas.

Efectos fijos	Coefficientes	Error Estándar	z-stat	p-valor
<b>Intercepto</b>				
$\gamma_{00}$	472,48	7,90	59,77	0,00
<b>Pendientes</b>				
Género ( $\beta_1$ )	21,30	3,34	6,37	0,00
ESCS ( $\beta_2$ )	18,91	1,61	11,74	0,00
MOTIVAT ( $\beta_3$ )	17,24	1,80	9,58	0,00
IC010Q01TA ( $\beta_4$ )	5,43	2,13	2,55	0,01
IC010Q02NA ( $\beta_5$ )	-4,06	1,86	-2,18	0,03
IC010Q06NA ( $\beta_6$ )	-12,70	1,74	-7,3	0,00
IC010Q08TA ( $\beta_7$ )	-7,41	1,84	-4,03	0,00
IC010Q09NA ( $\beta_8$ )	3,07	1,75	1,75	0,08
<hr/>				
Efectos aleatorios	Estimaciones	SE	Porcentaje de la varianza	
Intercepto ( $\sigma^2_{u0j}$ )	231,01	82,84	6,15%	
Residuo ( $\sigma^2_{eij}$ )	3523,20	139,18	93,85%	

*Nota.* Estadísticas para el modelo M2: desajuste promedio (*deviance*) = 14908,32; Mejora respecto del modelo de referencia (M0): 2,28%.  $X^2 = 347,24$  (con respecto a M0).

Tabla 27.

Comparativa de la varianza explicada entre los modelos M0 y M2.

Nivel	Componente de la varianza en el modelo M0	Componente de la varianza en el modelo M2	Diferencia de varianza %
Estudiante ( $\varepsilon_{ij}$ )	4424,38	3523,20	20,37
Escuela ( $u_{oj}$ )	811,91	231,01	71,55

Al eliminar las variables no significativas al 5% del modelo 1, se obtuvo también un buen ajuste respecto al modelo vacío, solo peor en menos de un 1,3% al modelo 1 en términos de varianza explicada, para cada uno de los dos niveles de estudio.

A continuación, especificamos un modelo de intercepto aleatorio de dos niveles y comparamos el ajuste del modelo con el modelo vacío de dos niveles. Introduciremos variables predictoras de estudiantes y escuelas en el modelo de dos niveles sin la variable IC010Q09NA.

El modelo M3 lo definimos de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{MEDIAMAT}_{ij} = & \gamma_{00} + u_{0j} + \varepsilon_{ij} + \\
 & + \beta_1 \text{Genero}_{ij} + \beta_2 \text{ESCS}_{ij} + \\
 & + \beta_3 \text{MOTIVAT}_{ij} + \beta_4 \text{IC010Q01TA}_{ij} + \\
 & + \beta_5 \text{IC010Q02NA}_{ij} + \beta_6 \text{IC010Q06NA}_{ij} \\
 & + \beta_7 \text{IC010Q08TA}_{ij}
 \end{aligned} \tag{11}$$

$$u_{0j} \sim N(0, \sigma_{u_0}^2)$$

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_{\varepsilon}^2)$$

Este modelo contiene varias pendientes aleatorias, lo que significa que estamos permitiendo que los efectos y pendientes de todos factores de estudio y, por tanto, la pendiente de nuestra ecuación de regresión varíe en cada grupo. Este modelo es más apropiado que el modelo anterior para las variables que se utilizan, ya que es intuitivo suponer que las variables de estudio varían de un grupo a otro.

Las estimaciones de los parámetros de efecto fijo, los errores estándar, las pruebas de significación y los intervalos de confianza al 95% se obtuvieron ajustando el Modelo 3 a los datos de puntuación PISA2015 en rendimiento en matemáticas con Stata y son los siguientes:

Tabla 28.

Parámetros del Modelo 3, con predictores en nivel 1 para el rendimiento escolar en matemáticas.

Efectos fijos	Coeficientes	Error Estándar	z-stat	p-valor
<b>Intercepto</b>				
$\gamma_{00}$	473,25	7,90	59,89	0,000
<b>Pendientes</b>				
Género ( $\beta_1$ )	21,50	3,34	6,43	0,000
ESCS ( $\beta_2$ )	18,95	1,61	11,75	0,000
MOTIVAT ( $\beta_3$ )	17,26	1,80	9,58	0,000
IC010Q01TA ( $\beta_4$ )	6,25	2,08	3,01	0,003
IC010Q02NA ( $\beta_5$ )	-3,67	1,85	-1,98	0,047
IC010Q06NA ( $\beta_6$ )	-12,28	1,73	-7,12	0,000
IC010Q08TA ( $\beta_7$ )	-6,40	1,75	-3,66	0,000
<hr/>				
Efectos aleatorios	Estimaciones	SE	Porcentaje de la varianza	
Intercepto ( $\sigma^2_{u0j}$ )	232,42	83,25	6,18%	
Residuo ( $\sigma^2_{eij}$ )	3530,86	139,49	93,82%	

*Nota.* Estadísticas para el modelo M3: desajuste promedio (*deviance*) = 14911,38; Mejora respecto del modelo de referencia (M0): 2,26%.  $\chi^2 = 344,18$  (con respecto a M0).

Tabla 29.

Comparativa de la varianza explicada entre los modelos M0 y M3.

Nivel	Componente de la varianza en el modelo M0	Componente de la varianza en el modelo M3	Diferencia de varianza %
Estudiante ( $\varepsilon_{ij}$ )	4424,38	3530,86	20,20
Escuela ( $u_{oj}$ )	811,91	232,42	71,37

Vemos en la salida de la Tabla 28 que todas las variables independientes tienen un efecto significativo en las puntuaciones de matemáticas, además el ajuste del modelo mejora significativamente con respecto al modelo vacío de dos niveles (véase Tabla 29). En base a estas estimaciones, concluimos que el valor esperado de la puntuación matemática PISA2015 para estudiantes de 15 años de Canarias es 473,25.

A tenor de estos datos esperamos que el 95% de los efectos de centros escolares se encuentre en el rango de 443,37 a 503,13. Y que el 95% de los efectos de estudiantes se encuentre en el rango de 356,78 a 589,72. También concluimos que todas las variables de estudio han resultado ser significativas al nivel del 5%.



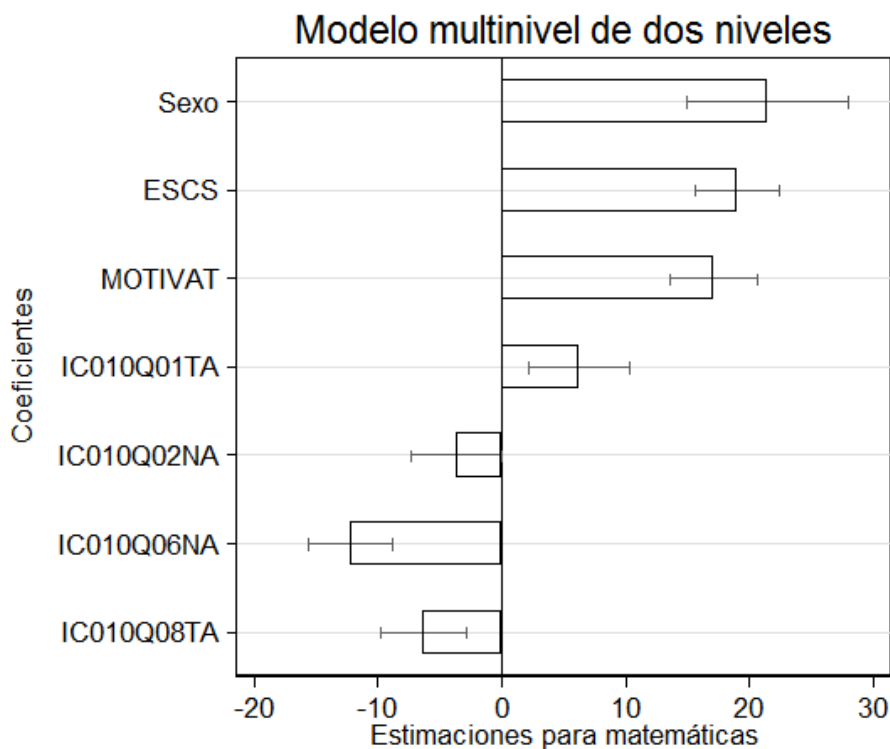


Figura 18. Efectos fijos del modelo final.

Además, se deduce de la Tabla 28 y la Figura 18 lo siguiente:

- **El efecto fijo de (ST004D01T):** el valor del coeficiente asociado a ST004D01T (género) es 21,50. La prueba Z para el coeficiente de ST004D01T confirma que el ajuste de las puntuaciones MEDIAMAT mejora significativamente el ajuste del modelo ( $Z = 6,43$ ;  $p < 0,001$ ). Por tanto, se puede afirmar que el género de los estudiantes está relacionado con el rendimiento escolar en matemáticas. El valor del coeficiente asociado a la variable ST004D01T indica que los chicos obtienen 21,50 desviaciones estándar más que las chicas en competencia matemática (si considerásemos las demás variables constantes).
- **El efecto fijo del Estatus Socioeconómico y Cultural (ESCS):** el valor del coeficiente asociado a ESCS es 18,95. La prueba Z para el coeficiente de ESCS

confirma que el ajuste de las puntuaciones MEDIAMAT mejora significativamente el ajuste del modelo ( $Z = 11,75$ ;  $p < 0,001$ ). Por tanto, se puede afirmar que el **Estatus Socioeconómico y Cultural** de los estudiantes está relacionado con el rendimiento escolar en matemáticas. El valor del coeficiente asociado a la variable ESCS indica que un aumento en una desviación estándar en ESCS se asocia a un aumento de 18,95 puntos de una desviación estándar en la puntuación de MEDIAMAT (si considerásemos las demás variables constantes).

- **El efecto fijo del logro de la motivación (MOTIVAT):** el valor del coeficiente asociado a MOTIVAT es 17,26. La prueba Z para el coeficiente de MOTIVAT confirma que el ajuste de las puntuaciones MEDIAMAT mejora significativamente el ajuste del modelo ( $Z = 9,58$ ;  $p < 0,001$ ). Por tanto, se puede afirmar que el logro de la motivación de los estudiantes está relacionado con el rendimiento escolar en matemáticas. El valor del coeficiente asociado a la variable MOTIVAT indica que un aumento en una desviación estándar en MOTIVAT se asocia a un aumento de 17,26 puntos de una desviación estándar en la puntuación de MEDIAMAT (si considerásemos las demás variables constantes).
- **El efecto fijo de Navegar por Internet para realizar tareas escolares (IC010Q01TA):** el valor del coeficiente asociado a IC010Q01TA es 6,25. La prueba Z para el coeficiente de IC010Q01TA confirma que el ajuste de las puntuaciones MEDIAMAT mejora significativamente el ajuste del modelo ( $Z = 3,01$ ;  $p < 0,05$ ). Por tanto, se puede afirmar que **Navegar por Internet para realizar tareas escolares** por parte de los estudiantes está relacionado con el

rendimiento escolar en matemáticas. El valor del coeficiente asociado a la variable **IC010Q01TA** indica que un aumento en una desviación estándar en **IC010Q01TA** se asocia a un aumento de 6,25 puntos de una desviación estándar en la puntuación de MEDIAMAT (si considerásemos las demás variables constantes).

- **El efecto fijo de Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones (IC010Q02NA):** el valor del coeficiente asociado a **IC010Q02NA** es -3,67. La prueba Z para el coeficiente de **IC010Q02NA** confirma que el ajuste de las puntuaciones MEDIAMAT mejora significativamente el ajuste del modelo ( $Z = -1,98$ ;  $p < 0,05$ ). Por tanto, se puede afirmar que **Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones** por parte de los estudiantes está relacionado con el rendimiento escolar en matemáticas. El valor del coeficiente asociado a la variable **IC010Q02NA** indica que un aumento en una desviación estándar en **IC010Q02NA** se asocia a una disminución de 3,67 puntos de una desviación estándar en la puntuación de MEDIAMAT (si considerásemos las demás variables constantes). Una intervención en el factor **IC010Q02NA** ayudaría a mejorar de forma eficaz el rendimiento de los estudiantes en matemáticas.
- **El efecto fijo de Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores (IC010Q06NA):** el valor del coeficiente asociado a **IC010Q06NA** es -12,28. La prueba Z para el coeficiente de **IC010Q06NA** confirma que el ajuste de las puntuaciones MEDIAMAT mejora significativamente el ajuste del modelo ( $Z = -7,12$ ;  $p < 0,001$ ). Por tanto, se puede afirmar que **Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores por parte** de los estudiantes está relacionado con el rendimiento escolar en matemáticas. El valor del

coeficiente asociado a la variable **IC010Q06NA** indica que un aumento en una desviación estándar en **IC010Q06NA** se asocia a una disminución de 12,28 puntos de una desviación estándar en la puntuación de MEDIAMAT (si considerásemos las demás variables constantes). Una intervención en el factor **IC010Q02NA** ayudaría a mejorar de forma eficaz el rendimiento de los estudiantes en matemáticas.

- **El efecto fijo de Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios (IC010Q08TA):** el valor del coeficiente asociado a **IC010Q08TA** es -6,40. La prueba Z para el coeficiente de **IC010Q08TA** confirma que el ajuste de las puntuaciones MEDIAMAT mejora significativamente el ajuste del modelo ( $Z = -3,66$ ;  $p < 0,001$ ). Por tanto, se puede afirmar que el **Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios por parte** de los estudiantes está relacionado con el rendimiento escolar en matemáticas. El valor del coeficiente asociado a la variable **IC010Q08TA** indica que un aumento en una desviación estándar en **IC010Q08TA** se asocia a una disminución de 6,40 puntos de una desviación estándar en la puntuación de MEDIAMAT (si considerásemos las demás variables constantes). Una intervención en el factor **IC010Q08TA** ayudaría a mejorar de forma eficaz el rendimiento de los estudiantes en matemáticas.

En la Tabla 30 se muestran los modelos calculados hasta este punto para facilitar su comparación. La intención de evolucionar hacia el Modelo 3 fue la obtención de parámetros significativos, por una parte y por otra, que estos fueran a su vez parámetros con valor predictivo que nos lleven a apoyar nuestra hipótesis de partida.

Tabla 30.

Sinopsis de los resultados de los modelos multinivel, con predictores en nivel 1 para el rendimiento escolar en matemáticas.

Efectos fijos	Modelo 0	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
<b>Intercepto</b>				
<i>γ<sub>00</sub></i>	466,7*** (4,312)	469,9*** (11,15)	472,5*** (7,905)	473,2*** (7,902)
<b>Pendientes</b>				
Género		20,96*** (3,354)	21,30*** (3,341)	21,50*** (3,343)
ESCS		16,59*** (2,585)	18,91*** (1,611)	18,95*** (1,612)
HISEI		0,123 (0,130)		
MOTIVAT		17,31*** (1,795)	17,24*** (1,799)	17,26*** (1,801)
OUTHOURS		-0,215 (0,129)		
IC010Q01TA		4,834* (2,179)	5,431* (2,128)	6,249** (2,079)
IC010Q02NA		-4,199* (1,892)	-4,059* (1,858)	-3,666* (1,847)
IC010Q03TA		1,91 (1,803)		
IC010Q04TA		3,678 (2,157)		
IC010Q05NA		-1,351 (1,199)		
IC010Q06NA		-13,23*** (2,058)	-12,70*** (1,740)	-12,28*** (1,725)
IC010Q07TA		1,179 (2,161)		
IC010Q08TA		-8,056*** (2,144)	-7,412*** (1,840)	-6,398*** (1,748)
IC010Q09NA		3,912* (1,950)	3,069 (1,753)	
IC010Q10NA		-3,401 (1,988)		
IC010Q11NA		-5,143 (2,856)		
IC010Q12NA		4,254 (2,925)		

Efectos aleatorios	Modelo 0	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Intercepto ( $\sigma^2_{u0j}$ )	811,9*** (97,83)	228,0*** (40,85)	231,0*** (41,42)	232,4*** (41,62)
Residuo ( $\sigma^2_{eij}$ )	4424,4*** (86,95)	3476,0*** (68,65)	3523,2*** (69,59)	3530,9*** (69,74)
Ajuste del modelo				
Índice de verosimilitud ( <i>deviance</i> )	15255,56	14890,11	14908,32	14911,38
R <sup>2</sup> (%)	15,54	6,23	6,22	6,24

*Nota.* Errores estándar entre paréntesis: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$

Los efectos de los indicadores de contexto acerca del ambiente académico en el aula y el contexto escolar en general en la muestra son los esperados. Por ejemplo, se observa un efecto positivo por parte de los chicos (21,50) tendencia que se reflejaba ya en el análisis exploratorio de los datos. También se observa un efecto positivo del indicador ESCS (18,95) indicando que el efecto del propio estatus socioeconómico del estudiante se asocia significativamente al rendimiento. Finalmente, el indicador motivación también tiene un efecto positivo en el puntaje de los alumnos (17,26).

Llama la atención el efecto negativo y aparentemente inesperado del indicador ayuda académica que supone navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones, por ejemplo, para encontrar explicaciones (-3,67). El no usar las redes sociales para la comunicación con los profesores (-12,28) tampoco ayuda. El no visitar el sitio web de la escuela para ver anuncios, por ejemplo, ausencia de profesores (-6,40) puede significar problemas de rendimiento en el estudiante, sobre todo en alumnos rezagados y/o con necesidades educativas especiales o con necesidades de refuerzo educativo.

Resta hacer un análisis de la calidad del modelo resultante (Modelo 3) en términos de su capacidad predictiva. Se ha estimado mediante el llamado Coeficiente de determinación,  $R^2$ . En el Tabla 31 se han recogido tanto las razones de verosimilitud como los coeficientes de determinación totales de primer y segundo nivel.

Tabla 31.

Valoración del proceso de modelización y del resultado final: razones de verosimilitud y varianza explicada en cada modelo para rendimiento en matemáticas.

Modelo	Razón de verosimilitud	$\sigma^2_{u0}$	$\sigma^2_{e1}$	varianza total	varianza total (%)	varianza centros (%)	varianza alumnado (%)
Modelo0	15255,56	811,90	4424,40	5236,30			
Modelo1	14890,11	228,00	3476,00	3704,00	29,26%	71,92%	21,44%
Modelo2	14908,32	231,00	3523,20	3754,20	28,30%	71,55%	20,37%
Modelo3	14911,38	232,40	3530,90	3763,30	28,13%	71,38%	20,19%

El modelo final ofreció un 6,18% de porcentaje de varianza para el nivel de centros y un 93,2% de varianza para el primer nivel. Este modelo también explica más del 28% de la varianza total, más del 70% de la varianza entre centros y más del 20% de la varianza entre alumnos. Este último valor contrasta con otros estudios donde la variabilidad explicada apenas alcanza el 6% ya que se buscaban factores de centro y de aula asociados al rendimiento, mientras que el presente estudio está focalizado en el aprendizaje individual en el hogar (Murillo, 2008; Zhang & Luman, 2016).

## 7. VERIFICACIÓN DEL MODELO FINAL CON PREDICTORES (RESIDUOS). DIAGNÓSTICOS DE LA REGRESIÓN.

En el modelado multinivel hay residuos en todos los niveles del análisis. Bajo los supuestos del modelado multinivel, todos los residuos tienen una media de cero, están normalmente distribuidos, son homoscedásticos y no están correlacionados con ninguna de las variables independientes, también a veces llamada exogeneidad.

En la Tabla 32 se muestra un resumen estadístico de los residuos a nivel de centros, Se puede observar que tienen media cero o muy cercana a cero, y poseen una desviación estándar fija, Cumpliendo con el primer supuesto de nuestro modelo multinivel.

Tabla 32.

Estadísticas de los residuos del modelo ajustado.

<b>Residuo</b>	<b>Centros</b>
Obs	1350
Mean	0,43
Std, Dev,	11,69
Min	-30,27
Max	28,21

En la primera fila de la Figura 19 trazamos los residuos en función de los valores predichos de la variable resultado (MEDIAMAT), utilizando la parte fija del modelo de regresión multinivel para la predicción. A tenor de lo observado en la Figura 19 se comprueba que no existe ningún patrón sistemático que relacione los residuos normalizados con la predicción que hacemos en cada caso. La distribución de los residuos es perfectamente aleatoria. No vemos evidencias significativas de varianzas no constante para el nivel CA ni para el nivel de centros en el modelo ajustado.



Dicha gráfica de dispersión de los residuos frente a los valores predichos proporciona además información sobre posibles fallos de normalidad, no linealidad y heteroscedasticidad. Si se cumplen estos supuestos, los puntos trazados deben dividirse equitativamente por encima y por debajo de su valor medio de cero, sin estructura fuerte (Tabachnick & Fidell, 2013). La primera fila de la Figura 19 muestra esta gráfica de dispersión para los residuos de nivel CA y nivel centros escolares. Para nuestros datos, el diagrama de dispersión en la Figura 19 no indica violaciones fuertes de los supuestos anteriormente mencionados.

Para probar el supuesto de normalidad, podemos trazar los residuos estandarizados frente a sus puntuaciones normales. Si los residuos tienen una distribución normal, la gráfica debe mostrar una línea diagonal recta. La Figura 19 es un diagrama de dispersión de los residuos estandarizados de centros e individual, calculado para el modelo final incluyendo la interacción entre niveles, en comparación con sus puntuaciones normales. Dicho de otra forma, la Figura 19 indica que los residuos condicionales de este análisis parecen seguir una estrecha conformidad con la normalidad, y parece no haber datos extremos muy pesados.



Tabla 33.

Estadísticos de ajuste de los modelos.

	<b>Modelo0</b>	<b>Modelofinal</b>
AIC	15261,56	14931,4
BIC	15277,18	14983,5

## 9. ESTIMACIONES DE PARÁMETROS DE EFECTO FIJO

En la parte fija del modelo, cuyos parámetros se ilustran en la Figura 18, el efecto de MOTIVAT, IC010Q01TA, ESCS y ST004D01T son muy fuertes.

Es de interés en este punto referirnos al efecto de tamaño de nuestro modelo final. Lo que nos importa es conocer cuánto ha sido el cambio en la variable explicada después de añadir las variables explicativas al modelo. Esto representa una medida de la fuerza del modelo. El interés del análisis se centra en las diferencias entre valores o categorías extremas, para lo cual se emplea el coeficiente  $d^*$  que se obtiene del criterio propuesto por la *d de Cohen* (Cohen, 1988), que establece que una diferencia es considerada como pequeña (en este caso estadísticamente significativa) si entre dos puntuaciones se tiene un valor menor a un valor crítico de  $0,2 \times \sigma$ , donde  $\sigma$  es la desviación estándar de las puntuaciones de PISA (correspondiente a  $0,2 \times 74,44 = 14,89$  puntos).

La ventaja que tiene el uso del criterio de Cohen es que no se ve afectado por el tamaño de la muestra, que es el principal problema que se tiene con otras pruebas de hipótesis. Las siguientes tablas (Tabla 34, Tabla 35 y Tabla 36) ilustran cómo de significativo es el tamaño del efecto de las distintas variables explicativas analizadas.

Tabla 34.

Efecto de tamaño (I).

Variable explicativa	Coefficiente	Diferencia gamma variable	d*	Tamaño del Efecto (ES)
Sexo	21,50	21,50	1,44	Grande
ESCS	18,95	18,95	1,27	Grande
MOTIVAT	17,26	17,26	1,16	Grande
IC010Q01TA	6,25	6,25	0,42	Pequeño
IC010Q02NA	-3,67	3,67	-	Pequeño
			0,25	
IC010Q06NA	-12,28	12,28	-	Grande
			0,82	
IC010Q08TA	-6,40	6,40	-	Pequeño
			0,43	

Tabla 35.

Efecto de tamaño (II).

Estadístico	Valor	d*	Tamaño del Efecto (ES)
Total TIC (valor absoluto)	28,60	1,92	Grande
Total teórico (valor absoluto)	86,30	5,80	Grande
Equivalente en desviaciones estándar de Matemáticas		1,16	
Equivalente respecto de la escala de puntuaciones en Matemáticas %	14,38%		

Tabla 36.

Efecto de tamaño (y III).

Variable explicativa	Categoría para el resultado inferior	Categoría para el resultado superior	Media	Desviación estándar
Sexo	Mujer=1	Hombre=2		
ESCS			-0,70	1,16
MOTIVAT			-0,12	0,95
IC010Q01TA	Nunca o casi nunca=1	Cada día=5		
IC010Q02NA	Nunca o casi nunca=1	Cada día=5		
IC010Q06NA	Nunca o casi nunca=1	Cada día=5		

IC010Q08TA	Nunca o casi nunca=1	Cada día=5
------------	-------------------------	------------

---

Los valores de diferencia, así como los del coeficiente  $d^*$  son aditivos. Por ejemplo, el hecho de que un estudiante esté motivado (MOTIVAT superior a la media) y además sea varón (Sexo=2) le produce un doble efecto, porque las dos características le ocasionan un aumento en el desempeño teórico esperado. Esta combinación aditiva para  $d^*$  proporciona un valor de 2,60 (resultado de  $1,44+1,16$ ), es decir, más de dos veces y media la diferencia crítica en su desempeño en Matemáticas respecto a otro estudiante de Educación Secundaria Obligatoria, esta diferencia pertenece prácticamente a la categoría significativa y grande según la escala de Cohen.

A partir de estos valores, se puede reconocer que la peor situación la tienen los estudiantes con nivel ESCS por debajo de la media, con motivación por debajo de la media, que no navega por Internet para realizar tareas escolares, y si emplea internet para cualquier otro uso. La diferencia entre estas situaciones extremas es de 86,30 puntos de la escala PISA, que representa una diferencia grande de 5,8 veces el valor crítico de diferencia para el criterio de Cohen; es decir, 1,16 veces la desviación estándar total de las puntuaciones de PISA2015 ( $\sigma = 74,44$ ), equivalente a 14,38% de la escala total de PISA2015.

## 10. ESTIMACIONES DE PARÁMETROS DE LA VARIANZA

### (EFECTO ALEATORIO)

La varianza total se estima ahora en 3763,28 (= 232,42 + 3530,86). La comparación del Modelo 3 con el Modelo 0 muestra que el ajuste para las variables añadidas al modelo nulo explica el 28,13% [=  $(3763,28 - 5236,28) / 5236,28$ ] de la

variación en MEDIAMAT. También es pertinente examinar el nivel de cambios específicos en la varianza. Comparando los dos modelos, vemos que la varianza de los centros escolares se reduce en un 71,37%, lo que sugiere que parte de la variación es simplemente debido al quehacer de los estudiantes. Por último, vemos que se redujo asimismo un 20,20% la variación intraescolar que hace referencia a las diferencias entre el alumnado de la misma escuela.

Tabla 37.

Comparativa de las varianzas de los dos modelos.

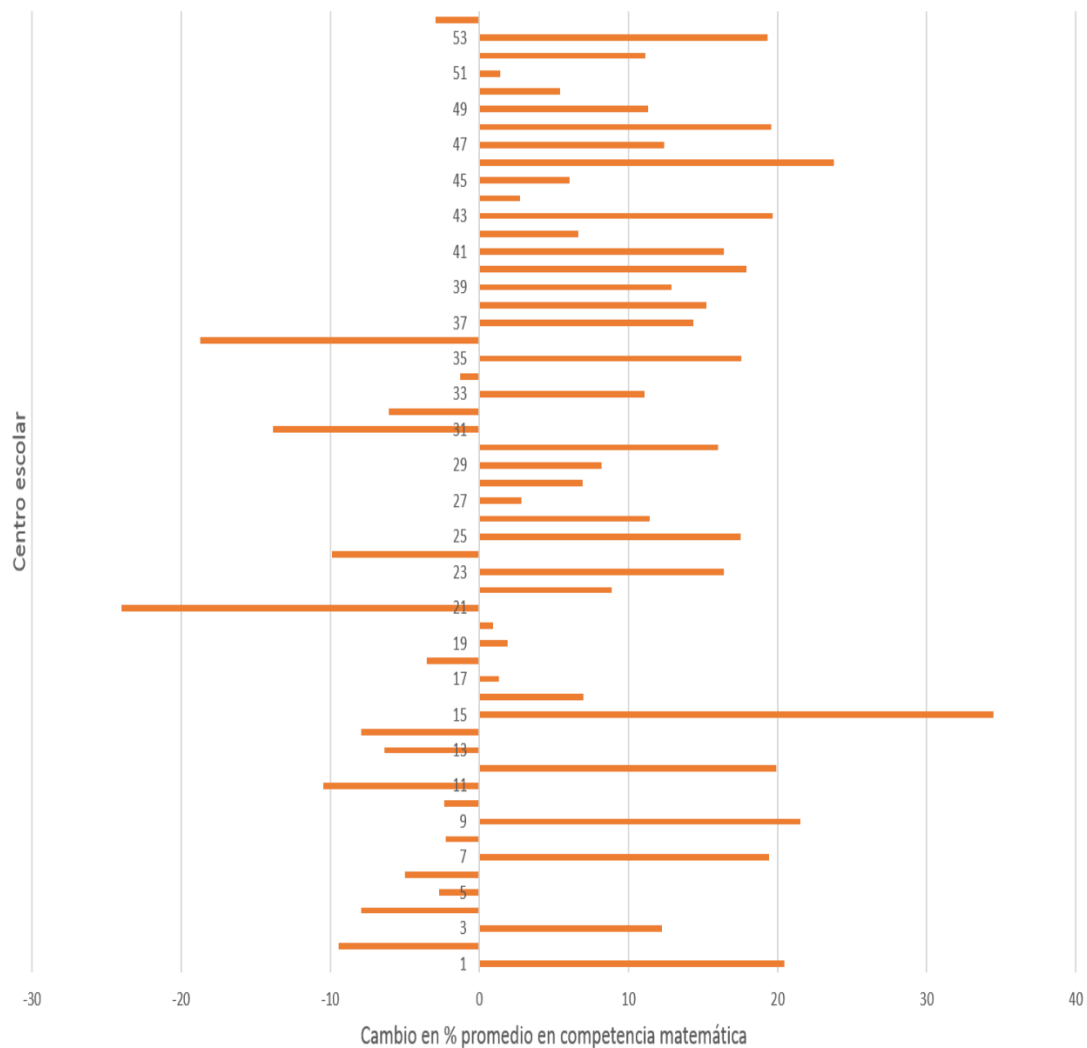
<i>Efectos aleatorios</i>	<i>Estimaciones M0</i>	<i>Estimaciones M3</i>	<i>Mejora</i>
Intercepto ( $\sigma^2_{u0j}$ )	811,91	232,42	-71,37%
Residuo ( $\sigma^2_{eij}$ )	4424,38	3530,86	-20,20%
Total	5236,28	3763,28	-28,13%

## 11. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO POR CENTRO ESCOLAR. GRADIENTE PISA2015

Con la intención de buscar nuevas evidencias que refuercen la hipótesis de partida, se ha calculado la razón entre la variación del rendimiento en competencia matemática en base a cómo cambia una de las variables de estudio, a este cálculo le denominamos *gradiente de variación lineal*. Concretamente hemos elegido “Navegar por Internet para realizar tareas escolares” en el hogar, y se ha escogido esta por considerarla la de mayor interés. Se ordenaron los alumnos de cada centro escolar por puntaje del cuestionario TIC, luego se calcularon los promedios PISA de matemáticas de los alumnos que contestaron la opción 1, luego los que eligieron la opción 2, luego los de la 3 y, finalmente, los que marcaron la opción 4 de la variable antedicha. Se calculó a continuación la variación lineal entre la opción 1 y la 2 y se obtuvo la pendiente 1, luego la variación entre la opción 2 y la 3, obteniéndose la pendiente 2, y finalmente la pendiente entre la opción 3 y la 4, resultando la pendiente 3. Los promedios de estas tres pendientes se dibujaron en una figura y es el resultado del gradiente de cada centro.

La Figura 20 muestra el gradiente de todos los centros de Canarias incluidos en el programa PISA 2015. En ella se refleja el comportamiento del alumnado que usa las TIC frente aquellos que no lo usan, analizado para cada centro escolar. Una inspección de los datos en la Figura 20 revela que más del 68% de los centros mostró un gradiente positivo, es decir, el alumnado obtuvo mayor rendimiento en competencia matemática a medida que usaba mejor la navegación por internet en el hogar. En el resto de los centros la tendencia fue inversa. Por consiguiente, el rendimiento en matemáticas, visto

centro por centro aumenta mayoritariamente a medida que el uso eficaz de las TIC aumenta. Este análisis junto con aquel realizado para PISA2009 (véase Anexo II), confirma que el rendimiento escolar en matemáticas y el uso de las TIC mantienen una asociación evidentemente positiva para la Comunidad Autónoma de Canarias, en la mayoría de los casos.



*Figura 20.* Gradiente para Canarias Pisa2015.



## **CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN**

### **1. DE LA IMPORTANCIA DE LA CUESTIÓN.**

El uso de las TIC está siendo ampliamente utilizado en todas las etapas escolares, ya que permite a los estudiantes participar en el aprendizaje autodirigido proporcionando contenido individualizado, superando algunas limitaciones de los métodos de enseñanza tradicionales. En esta investigación se llevó a cabo un análisis multinivel para examinar rigurosamente los impactos exclusivos del uso de las TIC en los rendimientos matemáticos.

Se están adoptando iniciativas educativas en la comunidad internacional en pro de desarrollar competencias en TIC desde la etapa de infantil hasta la educación secundaria (McDougall, Zezulkova, Van Driel, & Sternadel, 2018). La mayoría de estos esfuerzos se centran en el desarrollo de competencias clave y/o habilidades de codificación. Si bien la codificación puede ser muy atractiva para los estudiantes jóvenes y una muy buena práctica o experiencia, resulta ser más eficaz desarrollar las habilidades de pensamiento lógico de los estudiantes y las habilidades de resolución de problemas a través de enfoques de programación o pensamiento computacional. Este es un desafío muy emocionante con muchas posibilidades en cuanto a codificación, robots, dispositivos móviles, aprendizaje basado en juegos, etc. Por lo tanto, es muy importante explorar el efecto que estas experiencias han tenido en los estudiantes, tanto en la educación primaria como en la secundaria, con un enfoque especial en el pensamiento computacional como uno de los componentes dentro de la caja de herramientas para desarrollar una educación reflexiva y crítica para ayudar a los

aprendices a resolver problemas utilizando la tecnología con la que vivirán diariamente (García-Peñalvo & Mendes, 2018).

Los estudiantes de hoy ingresarán a una fuerza laboral fuertemente formada por el pensamiento computacional (Quitério Figueiredo, 2017). Es por lo que, para tener éxito en una economía cambiante, los estudiantes deben aprender a pensar de forma algorítmica y computacional y a resolver problemas con diferentes niveles de abstracción. Estas habilidades de pensamiento computacional se han integrado tanto en la función social para representar alfabetizaciones fundamentales. Sin embargo, la informática no se ha enseñado de forma óptima en nuestros centros escolares. Los esfuerzos para crear estándares y marcos informáticos aún no han llegado a los requisitos del curso obligatorio. A pesar de una gran cantidad de investigaciones sobre alfabetizaciones digitales, la investigación sobre el papel del pensamiento computacional en la literatura es escasa (Jacob, Warschauer, University of California, Irvine, & University of California, Irvine, 2018).

En suma, el pensamiento computacional puede entenderse como un tema nuevo o como un conjunto de competencias transversales que van más allá de los temas tradicionales. Además, la implementación del pensamiento computacional significa pasar de adquirir habilidades para las TIC a comprender cómo enmarcar los problemas como lo hacen los científicos, incluido un enfoque flexible de la codificación como una forma fundamental de alfabetización para los alumnos del siglo XXI. Los docentes deben contar con el apoyo de la formación continua y de un conjunto de herramientas claras paso a paso que permitan un equilibrio entre el enfoque en los conceptos del pensamiento computacional, las prácticas de enseñanza asociadas con las TIC y la

identificación de cómo se puede integrar las TIC en las materias tradicionales (Paniagua & Istance, 2018).

Este estudio examinó los efectos exclusivos de las TIC mediante la identificación de la varianza explicada por el uso de las TIC entre los rendimientos en matemáticas. La varianza explicada por la diferencia en gestión de los centros que se debe solo a las TIC, en el rendimiento en matemáticas, fue de más del 28% para los alumnos de 2º de ESO en la CA de Canarias. El presente estudio demuestra que el uso de las TIC tiene un efecto propio en el rendimiento escolar en el alumnado.

Los resultados mostraron que el uso de las tecnologías TIC para utilizar el correo electrónico para la comunicación con otros estudiantes sobre el trabajo escolar y utilizar el correo electrónico para la comunicación con los profesores y la presentación de los deberes u otro trabajo escolar; tuvieron un impacto negativo en el rendimiento. Estudios previos han identificado las distracciones digitales como causa de este fenómeno. Los estudiantes pueden verse afectados negativamente cuando no tiene en cuenta el uso de la tecnología y, por tanto, esto se ve reflejado en la baja cantidad y calidad de los trabajos de los alumnos fuera del aula (McCoy, 2016; Patil et al., 2019).

## **2. DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.**

El análisis multinivel, de las variables consideradas en la situación del estudiante, se ha mostrado muy importante para explicar el desempeño en Matemáticas dentro de las pruebas PISA; tanto por su aporte de carácter sustantivo como por las aportaciones técnicas (Murillo, 2008). Además, los aportes de esta investigación son de particular importancia tanto para los investigadores en educación como para los responsables de formular políticas. En particular, se debe resaltar que para este estudio del uso de las TIC

no se considera simplemente como una condición personal determinada el uso de las TIC, sino que se ha considerado que sobre la persona inciden aspectos socioculturales y de contexto asociados. Se trata, pues, de una variable que debe atenderse por medio de mediaciones psicopedagógicas en el aula y en la escuela, apoyadas con políticas de interés familiar y nacional.

Con respecto al uso eficaz de las TIC, cuatro fueron los predictores que tuvieron una importancia relativa significativa: “Navegar por Internet para realizar tareas escolares”, “Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones”, “Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores” y “Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios”. El análisis de esta investigación hizo hincapié en el impacto del uso de las TIC en el rendimiento académico. Abordamos el análisis de los datos aplicando modelos lineales jerárquicos que proporcionaron evidencias que indican que existen grados de asociación fuerte entre las variables de estudio y el rendimiento escolar. Se usaron técnicas analíticas especializadas que tuvieron en cuenta la interacción entre la información a diferentes niveles, a saber: alumnado y centros escolares.

La participación de cada nivel reflejó que más del 84% de la variabilidad en el rendimiento escolar se debe al quehacer del estudiante. En nuestro estudio, “Navegar por Internet para realizar tareas escolares” fue de importancia relativa, de grado de asociación pequeño pero significativo en la varianza explicada en rendimiento matemático en el modelo incluyendo todas las variables predictoras ( $d^* = 0,42$ ;  $R^2 = 6,24\%$ ). En investigaciones previas, “Navegar por Internet para el trabajo escolar (por ejemplo, la preparación de un ensayo o presentación)” también ha demostrado ser un predictor significativo con relación al rendimiento en matemáticas (véase Anexo I). El presente estudio demuestra, por tanto, que el uso de las TIC en el aprendizaje tiene un impacto

distintivo en el rendimiento. Concretamente se encontró, como se apuntaba en investigaciones previas (Junco, Heiberger, & Loken, 2011; Millwood, 2014; Ravitz, Mergendoller, & Rush, 2002), que el uso de Internet en el hogar para resolver situaciones de aprendizaje está asociado positivamente con el rendimiento académico.

Los resultados mostraron que el uso de tecnologías TIC para comunicarse tuvo impactos negativos en el rendimiento. Esto implica que el uso excesivo de correo electrónico, los chats y blogs se asocia con rendimientos negativos en matemáticas. Estos resultados coinciden con los observados en estudios anteriores donde recibir mensajes digitales parece ser tan perjudicial como enviarlos en un contexto de aprendizaje (David, 2018; Flanigan & Kiewra, 2018; Junco & Cotten, 2012). Por esta razón estas tecnologías deben usarse con prudencia en educación. En términos de alfabetización en TIC, las habilidades de los estudiantes en el procesamiento de la información tienen un impacto significativo en los rendimientos académicos. Los estudiantes necesitan desarrollar una capacidad cognitiva más alta para analizar y procesar información en lugar de la capacidad de simplemente recopilar y comunicar información. Se considera, por ello, que la futura alfabetización en TIC debería enfatizar el análisis y el procesamiento de la información.

Para comparar los efectos de las variables en las dos modalidades se utilizó el tamaño del efecto (ES por sus siglas en inglés) definido como el coeficiente estimado dividido por la desviación estándar de la variable dependiente (Rosenthal, Cooper, & Hedges, 1994), y después se interpreta la importancia práctica de estos efectos siguiendo los lineamientos de Cohen (Cohen, 1988): efectos de 0,2 a 0,5 se consideran pequeños, de 0,5 a 0,8 moderados, y mayores a 0,8 se consideran efectos fuertes.

Los efectos de las variables estudiadas del alumno observados en los centros de secundaria en Canarias presentan patrones diversos: aunque todos los predictores son estadísticamente significativos, el tamaño de los efectos no es considerable en todos los casos. El efecto (ES) más considerable es "Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores" igual a  $-0,82$ ; que interpretamos como que la falta de comunicación con los profesores a través de redes sociales habilitadas para tal fin trae como efecto un descenso en el nivel de aprovechamiento en matemáticas. Este resultado es consistente con estudios previos que resaltan que el uso de redes sociales como Facebook y el rendimiento académico mantienen una relación negativa significativa ya que implementar dos procesos cognitivos simultáneamente puede tener un impacto negativo tanto en la efectividad como en la eficiencia de llevar a cabo las tareas implicadas en el aprendizaje (Kirschner & Karpinski, 2010). Sin embargo, el uso de Facebook en sí mismo no va en detrimento de los resultados académicos y, de hecho, puede utilizarse de manera ventajosa para los estudiantes. Tanto el tiempo dedicado a Facebook como el tiempo dedicado a ciertas actividades de Facebook pueden ser positivamente predictivos, negativamente predictivos o positiva y negativamente predictivos en relación con el interés por el aprendizaje, dependiendo de la variable de resultado (Junco, 2012).

Los ES de "Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios" y "Navegar por Internet para realizar tareas escolares" se encuentran a continuación en términos de tamaño. Siendo el de menor puntuación "Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones". Los valores de diferencia, así como los del coeficiente  $d^*$  son aditivos, esto quiere decir que el total del efecto TIC en nuestro modelo le produce efecto cuádruple, porque las cuatro características le ocasionan una reducción en el desempeño teórico esperado. Esta combinación aditiva para  $d^*$  proporciona un valor de 1,92. Esta diferencia

pertenece prácticamente a la categoría de grande según la escala de Cohen. A partir de estos valores, se puede reconocer que la peor situación, según el uso de las TIC, la tienen los alumnos que no navegan por Internet para realizar tareas escolares, cuando navegan en Internet para dar seguimiento a las lecciones, cuando usan las redes sociales para la comunicación con los profesores, y cuando verifican el sitio web de la escuela para ver anuncios. La diferencia entre estas situaciones extremas es de 28,60 puntos de la escala PISA, que representa una diferencia grande de 1,96 veces el valor crítico de diferencia para el criterio de Cohen. Si adoptamos, para este caso, el término uso eficaz de las TIC como aquel asociado a un incremento positivo en el rendimiento académico, en este caso en la competencia matemática; entonces inferimos que para esta investigación el alumnado de Canarias solo usa eficazmente las TIC cuando navega por Internet para realizar tareas escolares. Como consecuencia de ello, se infiere el potencial que tiene el uso de Internet para estudiar, es decir, mediante el uso eficaz de motores de búsqueda, de bibliotecas y/o bases de datos digitales. Estos resultados son consistentes con los de otros estudios anteriores donde se manifiesta que la realización de tareas, mediante el uso de Internet, influyen significativamente en el rendimiento escolar (Jackson, von Eye, Witt, Zhao, & Fitzgerald, 2011; Santos & Ramos, 2019; Surian & Sciandra, 2019).

El modelo resultante de la presente investigación mejora en forma significativa el desajuste del modelo incondicional. En el primer nivel (alumnado) las variables estudiadas produjeron una explicación del 20,19% de la varianza total de las puntuaciones de los estudiantes en matemáticas, quedando solamente un 6,18% de varianza de nivel 2 que habrá que analizar con otras variables a nivel escuela. Téngase en cuenta que la varianza del modelo final es menor que la del modelo incondicional en cada nivel de interés. La diferencia entre esta varianza y la que se tenía con el modelo incondicional es

producto de la intervención de las variables de estudio en el modelo final, por ello se conocen como variables explicativas y la diferencia de varianzas (o su proporción porcentual) es lo que se denomina explicación respecto de la varianza del modelo incondicional. No debe confundirse este término con la palabra explicar en sentido coloquial.

### **3. DE LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS SEGÚN EL PROPÓSITO DEL ESTUDIO.**

Nuestro análisis sugiere que los factores relacionados con el uso de las TIC, derivados de la encuesta PISA en la CA de Canarias, ayuda a predecir el nivel competencial en rendimiento escolar en matemáticas. En conjunto, estas asociaciones proporcionan apoyo empírico para la hipótesis del uso eficaz de las TIC.

Esto implica que el uso de correo electrónico excesivo, el chat y los blogs pueden disminuir los rendimientos en matemáticas y, por lo tanto, estas tecnologías TIC deben usarse con cautela en la educación. En términos de conocimientos sobre las TIC se ha demostrado que las habilidades de los estudiantes en el procesamiento de la información tienen un impacto significativo en los rendimientos escolares (Besbes, 2016).

Por último, el estudio de los gradientes confirmó que el uso de las TIC, prácticamente para la totalidad de los centros escolares, el mismo comportamiento. Es decir, el uso de las TIC incrementó el rendimiento escolar en matemáticas a medida que los alumnos usaban con más frecuencia las TIC, visto centro por centro.

### **4. DE LA RELACIÓN CON LA LITERATURA EXISTENTE.**



Lejos quedan los tiempos en los que autores como Clark (1983) defendían que la enseñanza del profesor era la única determinante en el aprendiz, y no los recursos que se utilizaban. Nuestro estudio se suma a otros que se encuentran en la literatura actual con evidencias de la influencia de las TIC en el aprendizaje de los alumnos de la etapa de secundaria en los sistemas educativos. Estudios previos han evaluado al alumnado dentro del programa PISA y observaron que el uso de Internet con fines educativos en la escuela resultó ser una influencia negativa en el rendimiento académico de los estudiantes (Biagi & Loi, 2013). Este fenómeno, aunque se observa en nuestra práctica diaria frente a parte del alumnado, es sin embargo relativo. Muchos apuntan a un abuso de las nuevas tecnologías, y más concretamente al abuso de unas tecnologías frente a otras. Es de especial relevancia el fenómeno actual de los teléfonos denominados inteligentes. Es tanta su influencia que se ha demostrado que puede utilizarse la frecuencia de uso de estos dispositivos por parte de los jóvenes como un buen predictor de los usos problemáticos o abusos de las TIC en los centros escolares (Rodríguez-Gómez, Castro, & Meneses, 2018).

Debido a esto, es de interés, como evidenciamos en nuestro estudio, que las TIC se usen de forma eficaz, es decir, que aporte suficiente gradiente cognitivo de valor añadido al alumnado. Para ello es fundamental que se desarrolle a edades tempranas el pensamiento computacional en el aprendiz (Bresnihan, Millwood, Oldham, Strong, & Wilson, 2015; Wenglinsky, 1998, 2005).

En la sociedad actual el conocimiento fluye sin apegarse a un espacio determinado. El aprendiz aprende en cualquier lugar si tiene a su alcance una tecnología mínima, que ya muchos estados la garantizan como derecho humano (Andrés, 2017). En esta investigación se ha puesto énfasis en lo que el aprendiz aprende en su espacio en el hogar sin distracciones haciendo uso de las TIC, con el pensamiento de que se

minimizaran las variables implicadas en el aprendizaje del estudiante. Si bien, existe una desconexión notable entre el hogar y la escuela. El hogar es un lugar bastante vago y problemático, desde el punto de vista del centro escolar. Y los centros escolares son un lugar igualmente vago y problemático, tal y como lo ven los padres. Sin embargo, a pesar de que se hacen esfuerzos por ambas partes para superar esta desconexión (ya que los profesores y los padres buscan formas de compatibilizar los lugares formales e informales del aprendizaje de los jóvenes), simultáneamente existe el fenómeno contrario de distanciamiento ya que ambas partes no quieren perder el control sobre su propia parcela (Livingstone & Sefton-Green, 2016).

De acuerdo con nuestros hallazgos y la teoría propuesta por (Jonassen, 2000, 2004), las aplicaciones y simulaciones utilizadas con las TIC pueden tener efectos positivos en el rendimiento académico de los estudiantes porque involucran a los estudiantes en el pensamiento de orden superior y la resolución de problemas. En general, el presente estudio coincide con Wittwer (2008) al sugerir que el uso de la computadora en el hogar por parte de los estudiantes es probable que muestre efectos relativamente pequeños en su rendimiento en la escuela (Wittwer & Senkbeil, 2008). Además, al explorar el potencial de usar una computadora en el hogar para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, parece ser crucial profundizar en la forma en que los estudiantes usan las TIC en el hogar en lugar de investigar principalmente si una computadora es utilizada o con qué frecuencia. Esto hace que el examen del uso de las TIC en el hogar y sus efectos en el rendimiento escolar sea más laborioso, pero también reduce la posibilidad de conclusiones sesgadas sobre los beneficios del uso de las TIC en el hogar de los estudiantes para su rendimiento académico.

Los estudiantes necesitan desarrollar una mayor capacidad cognitiva para analizar y procesar la información en lugar de una capacidad de recopilar y comunicar información solamente. Entonces, atendiendo a lo argumentado anteriormente y para concluir, la educación del futuro con las TIC debe hacer hincapié en el análisis de información y procesamiento de la información para un desarrollo integral de los estudiantes.

## CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

### 1. RESPONDIENDO A LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Comenzamos este apartado como es prescriptivo por dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas en el Capítulo 1 de esta tesis.

#### **Pregunta investigativa 1:**

*¿Está relacionado el uso eficaz de las TIC con el rendimiento académico en matemáticas en los centros escolares de Canarias?*

En el Capítulo 5 y el Anexo A, se han estudiado los efectos en los rendimientos en matemáticas de los estudiantes de 15 años en Canarias. Este estudio es novedoso, considerando el gran lapso de tiempo entre las medidas (6 años) y que utilizamos la base de datos PISA. Empleamos modelos multinivel para el análisis estadístico, así como el criterio de la  $d$  de Cohen para interpretar los resultados de los parámetros obtenidos. Esto nos permitió comparar los resultados. Tomando en cuenta que el término “Uso eficaz de las TIC”, en esta tesis, ha adoptado el enfoque que se desarrolla en los Entornos de Aprendizaje Constructivista desarrollado por Jonassen (Jonassen, 2000). Y a tenor de los resultados los cuales indicaron que, de acuerdo con el criterio de Cohen, el tamaño del efecto del conjunto de factores TIC significativos analizados corresponde a la categoría de diferencia grande. Los datos, así obtenidos, revelan claramente que, de forma relevante, cuatro variables relacionadas con el uso eficaz de las TIC afectan al rendimiento académico en matemáticas en los centros escolares de Canarias. El análisis de los gradientes apuntó a una conclusión similar tanto con datos

PISA2009 como con datos PISA2015, pero analizando, en este caso, solamente una de las cuatro variables.

Este hallazgo sugiere un aspecto hasta ahora poco probado de la cognición humana, la lógica (asumida socialmente hasta ahora de forma intuitiva) de que las nuevas tecnologías pueden ayudar a mejorar el nivel intelectual del aprendiz. Una vez que el aprendiz entienda cómo las TIC mejora sus procesos cognitivos, debería ser posible que la comprensión y la memoria de los conocimientos aumenten. En virtud de lo expuesto, se infiere que los alumnos con mayores competencias TIC se encuentran en ventaja en competencia matemática frente aquellos con menores competencias TIC.

**Pregunta investigativa 2:**

*¿Qué variables asociadas al uso de las TIC están significativamente relacionadas con el rendimiento en matemáticas?*

El análisis multinivel reveló que Navegar por Internet para realizar tareas escolares, Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones, Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores y Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios están relacionadas significativamente con el rendimiento en competencia matemática en Canarias.

Con respecto a Navegar por Internet para realizar tareas escolares, encontramos variaciones pequeñas pero considerables a nivel de escuela secundaria. La diferencia media entre estudiantes de educación secundaria fue de 6,25 puntos. Lo interesante de los resultados de este factor es que fue el único de los cuatro factores significativos que tuvo una asociación positiva. Estos resultados indican que un uso de las TIC en el

contexto adecuado y sin elementos distorsionadores favorece positivamente el desarrollo cognitivo en matemáticas en el aprendiz.

Con respecto a Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones, encontramos variaciones aún más pequeñas pero considerables a nivel de escuela secundaria. La diferencia media entre estudiantes de educación secundaria fue de -3,67 puntos. Teniendo en cuenta los resultados descritos en el párrafo anterior se infiere que el alumnado no hace un uso eficaz de las TIC en horario de tarde cuando trata de dar seguimiento a las lecciones impartidas en horario de mañana. Los recursos TIC no siempre los aprovechan los estudiantes conforme a los objetivos de enseñanza-aprendizaje del sistema educativo. Este hallazgo es consistente con investigaciones recientes (Hernández Espinoza, Acevedo Martínez, Martínez Álvarez, & Cruz Cabrera, 2014). Otros estudios apuntan a que este fenómeno se debe a la propia tecnología de teléfonos inteligentes y los dispositivos de tableta, mientras que otros apuntan a que los desafíos pueden ser mucho más complejos que esto y la solución pasa por las formas en que los profesores, directores de centros escolares y los responsables de políticas gestionan los resultados de aprendizaje en términos de conocimientos y habilidades (Phillips, 2015).

El factor Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios también fue significativo y negativo, pero igualmente de categoría de diferencia pequeña, considerando los tamaños de los efectos. El ajuste lineal produjo una conclusión similar al factor anterior con respecto al desaprovechamiento de los recursos TIC a la hora de lograr los objetivos académicos.

Sin embargo, el factor Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores reveló la mayor variación de los cuatro factores significativos a nivel de

escuela secundaria. La diferencia media entre estudiantes de educación secundaria fue de -12,28 puntos. Si partimos de la base de que la comunicación digital con el docente está asociada en la mayoría de los casos a rendimientos académicos positivos. Y, obviamente, se deduce del ítem que el recurso en este caso tiene como fin resolver las inquietudes intelectuales de los estudiantes. Solo se explica este resultado adverso a que en la encuesta el alumnado ha entendido solamente el uso de las redes sociales en este ítem. Revelando unos de los usos perjudiciales de las nuevas tecnologías: la distracción que causa pérdidas de tiempo inútiles para el desarrollo cognitivo académico. De ahí que los alumnos que usan ineficazmente las TIC tienen logros más bajos en matemáticas en Canarias.

### **Pregunta investigativa 3:**

*¿Cuál es el grado de asociación entre las variables asociadas al uso de las TIC de forma significativa y el rendimiento en matemáticas?*

Para responder a la pregunta del grado de asociación se ha tomado en esta tesis el concepto estandarizado de “el tamaño del efecto”. Siendo este definido como un reflejo cuantitativo de la magnitud de un fenómeno que se utiliza con el fin de abordar una cuestión de interés. En particular se utilizó el índice de Cohen ya que éste hace énfasis principalmente en dar respuesta a una pregunta de investigación, mucho más que los valores p exclusivamente (Kelley & Preacher, 2012).

Con respecto a Navegar por Internet para realizar tareas escolares, encontramos que a este factor le correspondió un índice de Cohen  $d = 0,42$  y, de acuerdo con el criterio del mismo autor, corresponde a la categoría de diferencia o efecto pequeño.

Con respecto a Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones, encontramos que a este factor le correspondió un índice de Cohen  $d = -0,25$  y, de acuerdo con el criterio del mismo autor, corresponde a la categoría de diferencia o efecto pequeño.

Con respecto a Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios, encontramos que a este factor le correspondió un índice de Cohen  $d = -0,43$  y, de acuerdo con el criterio del mismo autor, corresponde a la categoría de diferencia o efecto pequeño.

Con respecto a Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores, encontramos que a este factor le correspondió un índice de Cohen  $d = -0,82$  y, de acuerdo con el criterio del mismo autor, corresponde a la categoría de diferencia o efecto grande.

#### **Pregunta investigativa 4:**

*¿Qué grado de importancia tienen las variables de contexto y de proceso en el rendimiento académico en matemáticas en secundaria en Canarias?*

Con respecto al género del alumnado, encontramos que a este factor le correspondió por sí solo un índice de Cohen  $d = 1,44$  y, de acuerdo con el criterio del mismo autor, corresponde a la categoría de diferencia o efecto grande. La evidencia sugiere que, en nuestro sistema educativo, los chicos superan a las chicas en competencia matemática en Canarias.

Con respecto al Estatus Socioeconómico y Cultural del alumnado, encontramos que a este factor le correspondió por sí solo un índice de Cohen  $d = 1,27$  y, de acuerdo con el criterio del mismo autor, corresponde a la categoría de diferencia o efecto grande.



La evidencia sugiere que, en nuestro sistema educativo, a mayor nivel cultural y económico de los padres mayor es el rendimiento en competencia matemática del alumnado en Canarias.

Con respecto a la Motivación en el estudio, encontramos que a este factor le correspondió por sí solo un índice de Cohen  $d = 1,16$  y, de acuerdo con el criterio del mismo autor, corresponde a la categoría de diferencia o efecto grande. La evidencia sugiere que el alumnado que quiere mejores calificaciones, y poder elegir entre las mejores oportunidades disponibles cuando se gradúe, quiere ser el mejor sin importarle el resultado, es ambicioso, y quiere ser uno de los mejores estudiantes de su clase tienen ventaja en competencia matemática frente al resto de alumnado en Canarias.

Por lo tanto, volviendo a la hipótesis planteada al comienzo de este estudio, ahora es posible afirmar que todos los estudios realizados en esta investigación confirman la hipótesis de que “el rendimiento escolar de una materia concreta se asocia positivamente con el uso racional y eficaz de las TIC en los adolescentes, que además sean útiles y compatibles con el aprendizaje de la competencia de la materia que esté aprendiéndose, en el momento y el contexto adecuados y sin elementos distorsionadores”.

## **2. EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Buscar la excelencia y equidad en la educación es una meta clara que nos motiva como investigadores educativos. Estamos comprometidos a hacer todo lo posible para elevar los niveles de rendimiento escolar, cerrar la brecha de logros entre grupos y mejorar las oportunidades de vida de todos nuestros alumnos. En España, el 99% de los

adolescentes de 15 años tiene acceso a Internet y el 94% dispone de teléfono móvil, según recogen los últimos datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), esta es una situación que plantea muchos desafíos en la educación actual, teniendo en cuenta además que el acceso a Internet constituye ya un derecho humano según las Naciones Unidas. El reto del investigador actual radica en averiguar si la tecnología digital puede hacer una contribución significativa a la mejora del rendimiento escolar dentro del sistema educativo actual.

Por esta razón nos marcamos como objetivo principal Evaluar el impacto del uso eficaz de las TIC sobre el rendimiento escolar, en un área geográfica limitada, concretamente las islas Canarias. Analizamos el grado de asociación que se obtiene entre el rendimiento académico del alumnado de 15 años en matemáticas y el uso de las TIC en el hogar. Partimos, para ello, del examen de las pruebas PISA2015 seleccionando a Canarias como población de estudio con la intención de identificar la varianza explicada por el uso de las TIC por parte del alumnado. Se ha utilizado un número suficiente de variables relacionadas con el uso de las TIC en el hogar, tales como: navegar por Internet para realizar tareas escolares, navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones, usar las redes sociales para la comunicación con los profesores, y verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios. Todas las variables explicativas empleadas en el modelo final intervienen de manera estadísticamente significativa. Este estudio reporta el análisis multinivel efectuado a los resultados de Canarias en la escala global de Matemáticas en PISA2009 y 2015.

A Canarias la *disrupción digital* no le ha dejado fuera de juego. Según el Ministerio de Economía y Empresa (el informe “Cobertura de Banda Ancha en España” correspondiente a junio de 2018) la cobertura en las Islas, aunque inferior a la media

nacional para la mayoría de las tecnologías es buena en LTE y del UMTS. El reto es encontrar formas de mejorar el rendimiento de los estudiantes con respecto a los bajos niveles detectados en PISA y si los avances tecnológicos ayudan a ello. Para las Islas Canarias se ha convertido en una prioridad mejorar los logros de los alumnos y alumnas y el proporcionar una educación de mayor calidad, acorde a las cambiantes demandas del mercado laboral regional.

Para la realización de esta investigación se consideraron algunas actividades poco usuales en este tipo de estudios. Normalmente el investigador establece su muestra y los instrumentos apropiados para la investigación que está desarrollando, de conformidad con las hipótesis que se desea probar. En el presente estudio, en cambio, la información fue proporcionada por el proyecto PISA de la OCDE, por lo que algunos aspectos de la calibración del instrumento no estaban disponibles, lo cual generó la necesidad de verificar la calidad de la prueba y de los reactivos, para garantizar el uso en Canarias de las medidas propuestas en la base de datos de PISA.

Al esbozar el estudio, también se pensó en completar el análisis de regresión multinivel con otro análisis (el análisis de los gradientes), encontrando una buena correspondencia con el rendimiento escolar y, posteriormente, confirmando su influencia en las variables propuestas.

A lo largo de esta investigación nos hemos dado cuenta de que, sin duda, en el estado del conocimiento actual, este desafío es una labor compleja. La ciencia de la complejidad nos va a ayudar, en un futuro próximo, a prestar más atención a la creatividad e inteligencia de los colectivos emergentes, tales como agrupaciones de aulas y sociedades, que a las capacidades de los individuos. El pensamiento complejo ofrece algunos consejos específicos sobre cómo mejorar las posibilidades de los

colectivos al garantizar que se cumplen las condiciones para una autoorganización compleja.

Con todo y con ello, a tenor de las evidencias obtenidas en esta investigación, deducimos que el uso de las TIC no constituye por sí mismo una condición suficiente en la mejora del desempeño del estudiante, pero si se ha detectado que puede ayudar, si se maneja eficazmente a través del estímulo que aporta al aprendizaje, a la mejora del rendimiento en competencia matemática.

En la actualidad, muchas Comunidades Autónomas se preocupan por los resultados de los alumnos en sus centros escolares. Se interesan por conocer cuál es el nivel de logro y motivación de sus alumnos para saber cómo se pueden mejorar y conseguir así resultados más eficaces y con mejores resultados. Para ello, hoy en día se utilizan cada vez más los estudios y encuestas de la OCDE. Las encuestas de la OCDE tienen muchas ventajas entre las que se encuentran proponer mejoras a las mismas, la frecuencia con las que se hacen y que permite realizar estudios longitudinales donde se puede comprobar la eficacia de medidas implantadas en los sistemas educativos a lo largo del tiempo. Las encuestas PISA permiten, a través de una sencilla herramienta como un cuestionario, analizar el contexto o percepción del alumnado en un momento dado. La información recogida a través de la encuesta, siempre que ésta se confeccione y se lleve a cabo adecuadamente, permite obtener un conocimiento interno del propio sistema educativo que ningún asesor externo podrá nunca facilitar. Esto motivó plantearnos la utilización de estas encuestas para esta investigación. El acceso digital a los resultados de los cuestionarios no fue muy complicado, pero se tuvo que procesar localmente los datos con programas específicos estadísticos para obtener resultados

interpretables, que abrió expectativas a la hora del diseño del proceso de diagnóstico y marcó las pautas durante la toma de decisiones de esta investigación.

Nuestro estudio empleó técnicas estadísticas de niveles múltiples que permiten investigar correctamente tanto la relación entre el rendimiento académico de los alumnos, como las características del entorno familiar y escolar. Las técnicas de análisis multinivel permiten profundizar en la exploración de los resultados descriptivos del rendimiento de los alumnos durante el año 2009 y 2015. Se utilizaron modelos de análisis multinivel de dos niveles, a nivel alumno y de centro escolar, que permitió explorar las diferencias entre escuelas de la comunidad autónoma. Los análisis multinivel son particularmente útiles al permitir abordar temas de equidad, no sólo en términos de diferencias en el rendimiento promedio de las comunidades, centros escolares y alumnos, sino también en términos de tendencias de rendimiento. Asimismo, es posible investigar, simultáneamente, qué características de los estudiantes y de las escuelas permiten explicar estas diferencias, evitando problemas de agregación de variables y unidad de análisis característicos de técnicas de regresión tradicionales. Nuestro pensamiento en un principio fue que todas las variables disponibles implicadas en las TIC en el hogar iban a tener influencia significativa en el rendimiento escolar del alumnado. Los hallazgos de esta investigación solamente identificaron “Navegar por Internet para realizar tareas escolares” como factor influyente en el alumnado y de forma significativa en el rendimiento matemático.

El conocimiento y la información tienen un impacto significativo en las vidas de los alumnos. El intercambio de conocimiento e información, en particular a través de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), tiene el poder de transformar las economías y las sociedades. Con la alfabetización informacional (ALFIN) se

pretende tener una perspectiva de saber cuándo y por qué se necesita una determinada información, dónde encontrarla, y cómo evaluarla, utilizarla y comunicarla de manera ética. Se considera un prerequisite para participar eficazmente en la Sociedad de la Información y es parte de los derechos básicos de la Humanidad para un aprendizaje permanente. La OCDE la incluye como una de las competencias básicas para cualquier ciudadano, y el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea han hecho también una recomendación sobre el aprendizaje permanente y las competencias clave, citándola como una de ellas. En España, desde hace unos años, entró a formar parte como una de las ocho competencias básicas que todo estudiante debe alcanzar al acabar la Educación Secundaria Obligatoria (LOMCE). El enfoque ALFIN nos llevó a plantear la base de esta investigación formulando la hipótesis inicial de esta tesis. Aunque todos los términos hasta sus últimas consecuencias de nuestra hipótesis investigativa fueron difíciles de demostrar de forma exhaustiva todos los resultados de los estudios revisados aquí apoyan dicha hipótesis. Animamos a investigadores especializados a profundizar sobre ella con estudios suplementarios.

Como parte de la metodología empleada en esta tesis se hizo uso del análisis exploratorio de los datos, así como de la estadística descriptiva e inferencial. Aunque nos dio un mapa general de la situación esto ofreció una visión del problema muy limitado e incorrecto con respecto al análisis multinivel, como veríamos más adelante cuando empleamos esta técnica. A medida que avanzábamos en la investigación nos llegaba información sobre nuevas formas de tratar los datos llegando a la conclusión de que cada vez más se está imponiendo el concepto de la Ciencia de los Datos. La complejidad aplicada también afecta al campo de la estadística y análisis de datos. Hoy en día manejamos gracias a la tecnología un número incontable de datos de todo tipo

que se producen de forma instantánea y a un alto ritmo de creación. Las técnicas para tratarlos también se manifiestan complejas. Hablamos del *Machine Learning* y el *Big Data*, hijos actuales de la inteligencia artificial que han aparecido al amparo de la *disrupción digital*. Lamentablemente, esta ciencia de los datos quedó al margen de nuestros objetivos investigativos y se nombran porque lo consideramos de alto interés. Aunque esta tesis ha demostrado con éxito que ciertos procedimientos relacionados con las TIC están asociados con la mejora del rendimiento escolar en matemáticas, tiene ciertas limitaciones en términos de técnicas de análisis de datos de vanguardia necesarias en nuestro sistema educativo para una mayor comprensión de la realidad de la educación actual de nuestros jóvenes.

### **3. LIMITACIONES INVESTIGATIVAS**

El presente estudio estuvo limitado a descubrir si existe asociación entre el rendimiento escolar y el uso de las TIC. Estudiar los efectos completos de las TIC sobre el alumnado, el aprendizaje y su contexto requiere un análisis a un nivel más detallado y complejo que el que ofrecen los datos PISA. Se necesita un enfoque sistemático que distinga entre perspectivas, dominios, indicadores de la implementación de las TIC que deben adaptarse a objetivos específicos, y complementados con estudios de casos y entrevistas a los actores principales del estudio.

Sería deseable que los cuestionarios sigan desarrollando las escalas ya que existe la necesidad de obtener datos con mayor detalle, a través de los cuales se evalúen mejor las actitudes y motivaciones del alumnado respecto a la autonomía del aprendizaje en el hogar. Así como la capacidad de estimulación de las TIC en el alumnado.

Dado que los objetivos del presente estudio se centraron en demostrar la hipótesis de partida, la presente investigación dejó aparte otros aspectos de interés asociados a otros factores académicos, que se proponen para estudios futuros.

#### **4. RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA AL SISTEMA EDUCATIVO**

1. Que evolucione el enfoque de este tipo de estudios hacia las *learning analytics*. Este interés está motivado por la necesidad de comprender mejor la enseñanza, el aprendizaje, el “contenido inteligente” y la personalización y adaptación (Royo, McKay, Nelson-Santana, Rodríguez, & Ocon-Carreras, 2018; Siemens, 2005, 2013).
2. Sería de interés extender la investigación a otras competencias como la de ciencias y competencia lectora y comprobar si se obtienen conclusiones semejantes, así como diferenciar por género. Es de esperar mejoras en el rendimiento con el uso eficaz de las TIC, pero no coincidencias exactas con el caso de competencia matemática.
3. Los alumnos deben tener un contacto temprano con las TIC. Dado que el alumnado actual se caracteriza por ser nativo digital (Prensky, 2001), una primera recomendación que se propone a raíz de las conclusiones de nuestro estudio radica en la importancia de un contacto temprano de los alumnos con las TIC, esto ayudaría a adquirir cuanto antes hábitos, destrezas y experiencia, así como saber buscar y darle la importancia a la buena información. La aproximación de las TIC a edades tempranas debería ser una prioridad en los centros escolares de preescolar y primaria. Ello obligaría a un esfuerzo adicional de capacitación a los docentes en estas tecnologías, y su empleo con fines pedagógicos.



4. El efecto positivo de la dotación de recursos (tiempos, espacios, procedimientos, personal y materiales), suficientes en los centros escolares y en el aprendizaje de las matemáticas; debe seguir animando a los responsables educativos a mantener el volumen de inversión en TIC.
5. Desarrollo de las nuevas alfabetizaciones y nuevos hábitos relacionados con las TIC. No es lo mismo buscar, leer y escribir sobre papel que buscar, leer y escribir con un monitor de computadora. Ni se gestiona de la misma manera y en el mismo tiempo. Por tanto, el manejo de un libro no es el mismo que el manejo de un dispositivo electrónico, donde la información relacionada con las materias está disponible en todo momento, lo que permite al aprendiz acceder a ella en cualquier instante y desde cualquier lugar.
6. Las TIC como herramienta valiosa para potenciar la autonomía en el aprendizaje y la autoevaluación. Las tecnologías deberían permitir a los estudiantes, no solo “hacer las cosas mejor”, sino “hacer mejores cosas” (Reilly, 2005), en este sentido vemos de interés aprovechar las nuevas tecnologías para enriquecer los procesos pedagógicos, cambiando las perspectivas actuales de enseñanzas centrada en el profesor a otros enfoques que tengan en cuenta la diversidad de los distintos perfiles de alumnado (pedagogía centrada en el alumno); promoviendo la interdependencia entre iguales y teniendo un efecto positivo en el esfuerzo de los estudiantes (Dole, Bloom, & Kowalske, 2016). Como se ha visto en este estudio enseñar no es suficiente, el aprendiz debe saber ser proactivo en su aprendizaje, y se han visto como las TIC pueden potenciar las técnicas de estudio que le darían seguridad, motivación y estímulos renovados para ello.

7. Fomentar una mayor participación de los tutores legales de los discentes en el uso eficaz de las TIC. Inculcar destrezas, conocimientos y habilidades en pro de ayudar a adquirir competencias por parte del aprendiz y no generar pérdidas de tiempo inútiles a la hora de estudiar.
8. Fomentar una cultura y código ético de alfabetización en TIC a edades tempranas que impida que el alumnado incurra en actividades delictivas sin tener consciencia de ello. La ética y estética de las tecnologías, la cultura del uso y no del abuso de la tecnología; y evitar dejar al discente que afronte en solitario el tráfico desenfrenado de la red digital. Estas recomendaciones deben contribuir de manera significativa al desarrollo de una sociedad global inclusiva en la que las disparidades tecnológicas cada vez menores produzcan ganancias sociales, culturales y económicas para todos, sin dejar de lado el hacer las tecnologías atractivas para el aprendizaje.
9. Cohabitación de la alfabetización digital con la alfabetización clásica a edades tempranas, es decir, sin dejar de lado las habilidades clásicas de escritura, lectura y cálculo manual. Debería adoptarse un punto de vista integrador ya que no son excluyentes.
10. Tratamiento de la información de forma segura. Además de evaluar y estimar los sitios web en términos de contenido y validez de las fuentes consultadas. Saber afrontarse a la avalancha de información y procesar toda esa información en poco tiempo, debería ser parte fundamental de la competencia digital del aprendiz.
11. La mayoría de las técnicas estadísticas de agrupamiento (especialmente las técnicas jerárquicas) son sensibles a la presencia de valores atípicos. Por lo tanto, es aconsejable cierta forma de cribado de valores atípicos (Anscombe, 1960; Bliss, Cochran, & Tukey, 1956; Grubbs, 1950; Kruskal, 1960). La exclusión de valores

extremos en esta investigación hizo que fuera más exacta y detallada, ya que éstos valores hubieran podido distorsionar el análisis estadístico. Estudios futuros podrían analizar las causas que justifiquen su comportamiento respecto a los datos centrales.

## REFERENCIAS

- Andrés, M. B. (2017). Capítulo quincuagésimo quinto. El acceso a internet como elemento cardinal del servicio universal de telecomunicaciones. *Los retos del Estado y la Administración en el siglo XXI: libro homenaje al profesor Tomás de la Quadra-Salcedo Fernández del Castillo, 1631-1664*. Tirant lo Blanch.
- Anscombe, F. J. (1960). Rejection of Outliers. *Technometrics*, 2(2), 123-146. doi: 10.1080/00401706.1960.10489888
- Area Moreira, M., Cepeda Romero, O., & Feliciano García, L. (2018). El uso escolar de las TIC desde la visión del alumnado de Educación Primaria, ESO y Bachillerato. *Educatio Siglo XXI*, 36(2 Julio), 229. doi: 10.6018/j/333071
- Bay, O. (2013). *More Than 30 Billion Devices Will Wirelessly Connect to the Internet of Everything in 2020*. Recuperado 26 de mayo de 2019, de <https://www.abiresearch.com/press/more-than-30-billion-devices-will-wirelessly-conne/>
- Benson, P. (2001). *Teaching and researching autonomy in language learning*. Harlow, uk: Pearson Education.
- Benson, P. (2007). Autonomy in language teaching and learning. *Language teaching*, 40(1), 21-40.
- Benson, P. (2010). Measuring autonomy: Should we put our ability to the test. *Testing the untestable in language education*, 77-97.
- Besbes, R. (2016). Learning Effectiveness Enhancement Project “LEEP”. En J. Zhang, J. Yang, M. Chang, & T. Chang (Eds.), *ICT in Education in Global Context* (pp. 71-82). [https://doi.org/10.1007/978-981-10-0373-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-10-0373-8_5)
- Biagi, F., & Loi, M. (2013). Measuring ICT use and learning outcomes: Evidence from

- recent econometric studies. *European Journal of Education*, 48(1), 28-42.
- Bickley, M., & Carleton, J. (2009). Students without Borders: Global Collaborative Learning Connects School to the Real World. *Learning & Leading with Technology*, 37(3), 20-23.
- Billings, K. (2015). SIIA estimates \$8.38 billion US market for preK-12 educational software and digital content. *SIIA Blog*, 105-123.
- Blessinger, P., & Carfora, J. M. (2015). *Inquiry-based learning for science, technology, engineering, and math (STEM) programs: A conceptual and practical resource for educators*. Emerald Group Publishing.
- Bliss, C. I., Cochran, W. G., & Tukey, J. W. (1956). A rejection criterion based upon the range. *Biometrika*, 43(3-4), 418-422. doi:  
<https://doi.org/10.1093/biomet/43.3-4.418>
- Bondi, L., & Matthews, M. H. (2017). *Education and society: Studies in the politics, sociology and geography of education*. Routledge.
- Braak, J. V., & Kavadias, D. (2005). The influence of social-demographic determinants on secondary school children's computer use, experience, beliefs and competence. *Technology, Pedagogy and Education*, 14(1), 43-59. doi:  
<https://doi.org/10.1080/14759390500200192>
- Bresnihan, N., Millwood, R., Oldham, E., Strong, G., & Wilson, D. (2015). A critique of the current trend to implement computing in schools. *Pedagogika, roč.*, 65(3), 292-300.
- Brotman, S. N. (2016, enero 28). *The real digital divide in educational technology*. Recuperado 9 de enero de 2019, de Brookings website:  
<https://www.brookings.edu/blog/techtank/2016/01/28/the-real-digital-divide-in->

educational-technology/

- Brown, H., & Prescott, R. (2015). *Applied mixed models in medicine (Third edition)*. Chichester, West Sussex; Hoboken: John Wiley & Sons Inc.
- Bulman, G., & Fairlie, R. W. (2016). Technology and education: Computers, software, and the internet. En *Handbook of the Economics of Education* (Vol. 5, pp. 239-280). Elsevier.
- Bunge, M., y Sacristán, M. (2011). *La investigación científica: Su estrategia y su filosofía*. México: Siglo XXI.
- Castellacci, F., y Viñas-Bardolet, C. (2019). *Internet use and job satisfaction*. *Computers in Human Behavior*, 90, 141-152. doi: 10.1016/j.chb.2018.09.001
- Castellani, B., y Hafferty, F. W. (2009). *Sociology and complexity science: A new field of inquiry*. Berlin: Springer.
- Castells, M., y Cardoso, G. (2006). *The network society: From knowledge to policy*. Johns Hopkins Center for Transatlantic Relations Washington, DC.
- Centre for the New Economy and Society. (2018). *The Future of Jobs Report 2018*. World Economic Forum.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., Tsai, C.-C., y otros. (2010). Facilitating preservice teachers' development of technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK). *Journal of Educational Technology & Society*, 13(4), 63–73.
- Clark, R. C., y Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning (Fourth edition)*. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of educational research*, 53(4), 445-459.

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates.
- Cohen, J., y Cohen, J. (Eds.). (2003). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences* (3rd ed.). Mahwah, N.J: L. Erlbaum Associates.
- Cotterall, S. (2000). Promoting learner autonomy through the curriculum: *Principles for designing language courses*. *ELT Journal*, 54(2), 109-117. doi: 10.1093/elt/54.2.109
- Crawford, K., Gordon, S., Nicholas, J., y Prosser, M. (1998). Qualitatively different experiences of learning mathematics at university. *Learning and Instruction*, 8(5), 455–468.
- David, E. (2018). Unstructured Personal Technology Use in the Classroom and College Student Learning: A Literature Review. *Community College Enterprise*.
- De Bono, E. (1967). *The use of lateral thinking*. London: Jonathan Cape.
- De Landsheere. (1976). *Introduction à la recherche en éducation*. Paris: Armand Colin-Bourelhier.
- Delen, E., y Bulut, O. (2011). The relationship between students' exposure to technology and their achievement in science and math. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(3).
- Dickinson, L. (1994). Preparing learners: *Toolkit requirements for preparing/orienting learners*. *Self-access and the adult language learner*, 39-49.
- Dickinson, L. (1995). Autonomy and motivation a literature review. *System*, 23(2), 165-174. doi: [https://doi.org/10.1016/0346-251X\(95\)00005-5](https://doi.org/10.1016/0346-251X(95)00005-5)
- Diggle, P. (Ed.). (2013). *Analysis of longitudinal data (Second Paperback Edition)*. Oxford: Oxford University Press.

- Dole, S., Bloom, L., y Kowalske, K. (2016). Transforming pedagogy: Changing perspectives from teacher-centered to learner-centered. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 10(1), 1.
- Downes, S. (2007, febrero 5). What Connectivism Is. Recuperado de <https://www.downes.ca/cgi-bin/page.cgi?post=38653>
- Elley, W. B. (1994). *The IEA study of reading literacy: Achievement and instruction in thirty-two school systems*. Pergamon Press.
- Fetterman, D. M., y Pitman, M. A. (Eds.). (1986). *Educational evaluation: Ethnography in theory, practice, and politics*. Beverly Hills: Sage Publications.
- Flanigan, A. E., y Kiewra, K. A. (2018). What college instructors can do about student cyber-slacking. *Educational Psychology Review*, 30(2), 585-597.
- Frederick, G. R., Schweizer, H., y Lowe, R. (2006). After the in-service course: Challenges of technology integration. *Computers in the Schools*, 23(1-2), 73–84.
- Gao, X., y Zhang, L. J. (2011). Joining forces for synergy: Agency and metacognition as interrelated theoretical perspectives on learner autonomy. *Identity, motivation and autonomy in language learning*, 25-41.
- García-Peñalvo, F. J., y Mendes, A. J. (2018). Exploring the computational thinking effects in pre-university education. *Computers in Human Behavior*, 80, 407-411. doi: 10.1016/j.chb.2017.12.005
- Garner, C. L., y Raudenbush, S. W. (1991). Neighborhood effects on educational attainment: A multilevel analysis. *Sociology of education*, 251-262.
- Gleick, J. (1999). *Faster: The Acceleration of Just About Everything*. Abacus, London, 2000.
- Gobierno de España. Ministerio de economía y competitividad. (2013, febrero 1).



*Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020*

[fichero PDF]. Recuperado de

[http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Estrategia\\_espanola\\_ciencia\\_tecnologia\\_Innovacion.pdf](http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Estrategia_espanola_ciencia_tecnologia_Innovacion.pdf)

- Goldstein, H. (2011). *Multilevel statistical models (4th ed)*. Chichester, West Sussex: Wiley.
- Grubbs, F. E. (1950). Sample Criteria for Testing Outlying Observations. *The Annals of Mathematical Statistics*, 21(1), 27-58. doi: 10.1214/aoms/1177729885
- Hall, D., y Knox, J. (2009). *Issues in the education of TESOL teachers by distance education*. *Distance Education*, 30(1), 63-85.
- Hernández, L., Acevedo, J., Martínez, C., y Cruz, B. C. (2014, noviembre). El uso de las TIC en el aula: Un análisis en términos de efectividad y eficacia. *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación* (Vol. 8).
- Hill, P. W., & Rowe, K. J. (1996). Multilevel modelling in school effectiveness research. *School effectiveness and school improvement*, 7(1), 1-34.
- Holec, H. (1981). *Autonomy and foreign language learning*. Oxford; New York: Published for and on behalf of the Council of Europe by Pergamon Press.
- Holland, J. H. (2003). *Hidden order: How adaptation builds complexity* (10ª Ed.). Cambridge, Mass.: Perseus Books.
- Hox, J. J., Moerbeek, M., & van de Schoot, R. (2010). *Multilevel analysis: Techniques and applications*. Routledge.
- Hull, D. (1993). *Opening Minds, Opening Doors: The Rebirth of American Education*. Center for Occupational Research and Development, PO Box 21206, Waco, TX 76702-1206.

- Hung, M. (2017). Leading the IOT, gartner insights on how to lead in a connected world. *Gartner Research*, 1-29.
- Huynh, H., y Feldt, L. S. (1976). Estimation of the Box correction for degrees of freedom from sample data in randomized block and split-plot designs. *Journal of educational statistics*, 1(1), 69-82.
- Jackson, L. A., von Eye, A., Witt, E. A., Zhao, Y., y Fitzgerald, H. E. (2011). A longitudinal study of the effects of Internet use and videogame playing on academic performance and the roles of gender, race and income in these relationships. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 228-239.  
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.08.001>
- Jacob, S. R., Warschauer, M., University of California, Irvine, y University of California, Irvine. (2018). Computational Thinking and Literacy. *Journal of Computer Science Integration*, 1(1). doi: 10.26716/jcsi.2018.01.1.1
- Jennrich, R. I., & Schluchter, M. D. (1986). Unbalanced Repeated-Measures Models with Structured Covariance Matrices. *Biometrics*, 42(4), 805. doi: 10.2307/2530695
- Jiménez Raya, M., y Lamb, T. (2008). *Pedagogy for autonomy in language education: Manifestations in the school curriculum. Theory, practice, and teacher education*. Dublin: Authentik, 58-76.
- Jiménez Raya, M., Lamb, T., y Vieira, F. (2007). *Pedagogy for autonomy in language education in Europe*. Dublin: Authentik, 1-3.
- Johnson, N. F., y Johnson, N. F. (2011). *Simply complexity: A clear guide to complexity theory*. Oneworld Publications.
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational*

- Technology Research and Development*, 48(4), 63-85.
- Jonassen, D. H. (2004). *Learning to solve problems: An instructional design guide* (Vol. 6). John Wiley & Sons.
- Jones, L. (2007). *The student-centered classroom*. New York: Cambridge University Press.
- Junco, R., Heiberger, G., y Loken, E. (2011). The effect of Twitter on college student engagement and grades. *Journal of computer assisted learning*, 27(2), 119-132.
- Junco, R. (2012). The relationship between frequency of Facebook use, participation in Facebook activities, and student engagement. *Computers & Education*, 58(1), 162-171.
- Junco, R., y Cotten, S. R. (2012). No A 4 U: The relationship between multitasking and academic performance. *Computers & Education*, 59(2), 505-514.
- Kelley, K., y Preacher, K. J. (2012). On effect size. *Psychological methods*, 17(2), 137.
- Kent, N., y Facer, K. (2004). Different worlds? A comparison of young people's home and school ICT use. *Journal of computer assisted learning*, 20(6), 440-455.
- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2008). *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales*. México: McGraw-Hill.
- Kerr, B. (2007). *Which radical discontinuity*. Recuperado de <http://billkerr2.blogspot.com/2007/02/which-radical-discontinuity.html>
- Kirschner, P. A., y Karpinski, A. C. (2010). Facebook® and academic performance. *Computers in human behavior*, 26(6), 1237-1245.
- Klitgaard, R. E., y Hall, G. R. (1973). *A Statistical Search for Unusually Effective Schools*. Santa Monica, Calif.: The Rand Corporation.
- Kozma, R. B. (1991). Learning with media. *Review of educational research*, 61(2),

179–211.

- Krueger, M. W. (1991). Artificial reality: Past and future. *Virtual Reality: Theory, Practice and Promise/Ed. SK Helsel, JP Roth.*—Westport, London: Meckler, 19-26.
- Kruskal, W. H. (1960). Some remarks on wild observations. *Technometrics*, 2(1), 1-3.
- Kuchah, K., & Smith, R. (2011). Pedagogy of autonomy for difficult circumstances: From practice to principles. *Innovation in Language Learning and Teaching*, 5(2), 119-140.
- Kuhlemeier, H., y Hemker, B. (2007). The impact of computer use at home on students' Internet skills. *Computers & Education*, 49(2), 460-480. doi: 10.1016/j.compedu.2005.10.004
- Laird, N. M., & Ware, J. H. (1982). Random-effects models for longitudinal data. *Biometrics*, 38(4), 963-974.
- Lamb, T. (2000). Finding a voice: Learner autonomy and teacher education in an urban context. *Learner autonomy teacher autonomy: Future directions*, 118-127.
- Lamb, T. (2012). Language associations and collaborative support: Language teacher associations as empowering spaces for professional networks. *Innovation in Language Learning and Teaching*, 6(3), 287-308.
- Larroyo, F., y Cevallos, M. A. (1965). *La lógica de las ciencias* (15ª Ed.). México: Porrúa.
- Larsen-Freeman, D., & Cameron, L. (2009). *Complex systems and applied linguistics*. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Lauman, D. J. (2000). Student Home Computer Use: A Review of the Literature. *Journal of Research on Computing in Education*, 33(2), 196-203. doi:

10.1080/08886504.2000.10782309

- Lee, V. E., & Bryk, A. S. (1989). A multilevel model of the social distribution of high school achievement. *Sociology of education*, 172-192.
- Lehmann, C., & Chase, Z. (2015). *Building school 2.0: How to create the schools we need* (First edition). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Lei, J., y Zhao, Y. (2007). Technology uses and student achievement: A longitudinal study. *Computers & Education*, 49(2), 284-296. doi: 10.1016/j.compedu.2005.06.013
- Levin, T., y Wadmany, R. (2006). Teachers' beliefs and practices in technology-based classrooms: A developmental view. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(2), 157–181.
- Li, Q., y Ma, X. (2010). A Meta-analysis of the Effects of Computer Technology on School Students' Mathematics Learning. *Educational Psychology Review*, 22(3), 215-243. doi: 10.1007/s10648-010-9125-8
- Lincoln, Y. S., y Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, Calif: Sage Publications.
- Lissitsa, S., & Chachashvili-Bolotin, S. (2016). *Life satisfaction in the internet age – Changes in the past decade*. *Computers in Human Behavior*, 54, 197-206. doi: 10.1016/j.chb.2015.08.001
- Little, D. G. (1991). *Learner autonomy: Definitions, issues and problems*. Authentik Language Learning Resources.
- Livingstone, S. y Sefton-Green, J. (2016). *The class: living and learning in the digital age*. New York: New York University Press.
- Lu, Z., Hou, L., & Huang, X. (2010). A research on a student-centred teaching model in

- an ICT-based English audio-video speaking class. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, 6(3), 101.
- Luke, D. A. (2004). *Multilevel modeling*. Thousand Oaks, Calif: Sage Publications.
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?. *Computers in Human Behavior*, 41, 51-61.
- MacBride, S., Abel, E., e International Commission for the Study of Communication Problems (Eds.). (1984). *Many voices, one world: Communication and society, today and tomorrow: the MacBride report* (Abridged ed.). Paris: UNESCO.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139. doi: 10.1016/S0959-4752(02)00016-6
- Mayer, R. E. (2010). *Learning with technology* (pp. 179-185). Paris: OECD.
- McCoy, B. R. (2016). Digital distractions in the classroom phase II: Student classroom use of digital devices for non-class related purposes. *Faculty Publications, College of Journalism & Mass Communications* (90). University of Nebraska – Lincoln.
- McDougall, J., Zezulkova, M., Van Driel, B., y Sternadel, D. (2018). Teaching media literacy in Europe: Evidence of effective school practices in primary and secondary education, NESET II report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi: 10.2766/613204
- McLeod, S., y Lehmann, C. (Eds.). (2012). *What school leaders need to know about digital technologies and social media* (1st ed). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

- McMahon, G. (2009). Critical thinking and ICT integration in a Western Australian secondary school. *Educational Technology & Society*, 12(4), 269–281.
- McPherson, A. F., & Willms, J. D. (1986). Certification, class conflict, religion, and community: A socio-historical explanation of the effectiveness of contemporary schools. *Research in sociology of education and socialization*, 6, 227-302.
- McQuivey, J. (2013). *Digital disruption: unleashing the next wave of innovation*. Cambridge, Massachusetts. Las Vegas, NV: Forrester Research, Inc. Amazon Publishing.
- Menegale, M. (2013). *A Study on Knowledge Transfer between In and Out-of-School Language Learning. Autonomy in Language Learning: Getting Learners Actively Involved*. Canterbury, UK: IATEFL.
- Millwood, R. (2014). *The design of learner-centred, technology-enhanced education*. University of Bolton.
- Molnar, M. (2017, enero 20). *Ed-Tech Surges Internationally-and Choices for Schools Become More Confusing*. Recuperado 6 de octubre de 2019 de <https://marketbrief.edweek.org/marketplace-k-12/ed-tech-surges-internationally-choices-schools-become-confusing/>
- Moore, M. G., y Kearsley, G. (2012). *Distance education: A systems view of online learning* (3rd ed). Belmont, CA: Wadsworth Cengage Learning.
- Morrison, N. (2017). *Google leapfrogs rivals to be classroom king*. Recuperado de <https://www.forbes.com/sites/nickmorrison/2017/05/09/google-leapfrogs-rivals-to-be-classroom-king/#dc923e327a6d>
- Mumtaz, S. (2000). Factors affecting teachers' use of information and communications technology: A review of the literature. *Journal of Information Technology for*

- Teacher Education*, 9(3), 319-342. doi: 10.1080/14759390000200096
- Murillo, F. J. (2008). Los modelos multinivel como herramienta para la investigación educativa. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 1(1), 45-62.
- Murphy, L. (2011). Why am I doing this? Maintaining motivation in distance language learning. En Garold Murray, Xuesong (Andy) Gao and Terry Lamb (Eds.), *Identity, motivation and autonomy in language learning* (pp.107-124). Bristol, UK: Multilingual Matters.
- Murray, G. (2011). Imagination, metacognition and the L2 self in a self-access learning environment. En Garold Murray, Xuesong (Andy) Gao and Terry Lamb (Eds.), *Identity, motivation and autonomy in language learning* (pp.75-90). Bristol, UK: Multilingual Matters.
- Myers, A., y Hansen, C. H. (2002). *Experimental psychology* (5th ed). Pacific Grove, CA: Wadsworth/Thomson Learning.
- Oana, C., y Carmen, C. (2014). What do PISA 2012 results tell us about European students' ICT access, ICT use and ICT attitudes? *The 10th International Scientific Conference Learning and Software for Education Bucharest*, April 24-25.
- OCDE. (2012). *Orientaciones de PISA para las Islas Canarias, España: Sistemas fuertes y reformadores exitosos en la educación*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2010). *PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do*. Paris: OECD.
- OECD. (2015a). *PISA 2015 Technical Report*. Paris: OECD.
- OECD (Ed.). (2015b). *Students, computers and learning: Making the connection*. Paris: OECD.



- OECD. (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*. Paris: OECD. doi: 10.1787/9789264266490-en
- OECD (2019). *How's Life in the Digital Age?: Opportunities and Risks of the Digital Transformation for People's Well-being*. OECD Publishing, Paris. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264311800-en>
- Oh, H. J., Ozkaya, E., & LaRose, R. (2014). How does online social networking enhance life satisfaction? The relationships among online supportive interaction, affect, perceived social support, sense of community, and life satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 30, 69-78.
- Orton-Johnson, K. (2009). 'I've stuck to the path I'm afraid': Exploring student non-use of blended learning. *British Journal of Educational Technology*, 40(5), 837-847. doi: 10.1111/j.1467-8535.2008.00860.x
- Overby, K. (2011). Student-centered learning. *ESSAI*, 9(1), 32.
- Palfreyman, D. (2003). Expanding the Discourse on Learner Development: A Reply to Anita Wendon. *Applied Linguistics*, 24(2), 243-248.
- Paniagua, A., & Istance, D. (2018). *Teachers as Designers of Learning Environments: The Importance of Innovative Pedagogies*. Educational Research and Innovation. OECD Publishing, Paris. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264085374-en>
- Passey, D., Rogers, C., Machell, J., McHugh, G., y Allaway, D. (2004). *The motivational effect of ICT on pupils*. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/b3c6/2de570e4928a969b27aaa31ecd17870fde1d.pdf>
- Patil, R., Brown, M., Ibrahim, M., Myers, J., Brown, K., Khan, M., & Callaway, R.

- (2019). Digital Distraction Outside the Classroom: An Empirical Study. *The Journal of Computing Sciences in Colleges*, 34(7), 46-55. Recuperado de <http://www.ccsc.org/publications/journals/MS2019.pdf#page=46>
- Phillips, M. (2015). *ICT is failing in schools – here's why*. Recuperado de <http://theconversation.com/ict-is-failing-in-schools-heres-why-50890>
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 1. *On the horizon*, 9(5), 1-6.
- Quitério Figueiredo, J. A. (2017). Cómo mejorar el pensamiento computacional: Un estudio de caso. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 18(4), 35. doi: 10.14201/eks20171843551
- Raffe, D., & Willms, J. D. (1989). Schooling the discouraged worker: Local-labour-market effects on educational participation. *Sociology*, 23(4), 559-581.
- Raudenbush, S. W., y Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods* (2nd ed). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Ravitz, J., Mergendoller, J., y Rush, W. (2002). *What's School Got to Do with It? Cautionary Tales about Correlations between Student Computer Use and Academic Achievement*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.
- Reilly, R. (2005). Guest Editorial Web-Based Instruction: Doing Things Better and Doing Better Things. *IEEE Transactions on Education*, 48(4), 565-566. doi: 10.1109/TE.2005.859218
- Rodríguez-Gómez, D., Castro, D., & Meneses, J. (2018). Usos problemáticos de las TIC entre jóvenes en su vida personal y escolar. *Comunicar*, 26(56), 91-100.
- Rosales, C., y Cabrera, L. (2017). Causas y soluciones de los bajos resultados educativos de Canarias mostrados en los informes de evaluación.

- QURRICULUM-Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa*, (30), 157-181.
- Rosenthal, R., Cooper, H., y Hedges, L. (1994). Parametric measures of effect size. *The handbook of research synthesis*, 621, 231-244.
- Royo, E. R., McKay, S. C., Nelson-Santana, J. C., Rodríguez, R. N. D., & Ocon-Carreras, A. A. (2018). Web Knowledge Turbine as a Proposal for Personal and Professional Self-Organisation in Complex Times: Application to Higher Education. *Journal of Information Technology Research*, 11(1), 70-90. doi: 10.4018/JITR.2018010105
- Sade, L. A. (2011). Emerging selves, language learning and motivation through the lens of chaos. *Identity, motivation and autonomy in language learning*, 54, 42.
- Saffon, M. P. (2007). *El derecho a la comunicación: Un derecho emergente*. Recuperado de [http://www.mujeresenred.net/IMG/pdf/Derecho\\_a\\_la\\_Comunicacion\\_.pdf](http://www.mujeresenred.net/IMG/pdf/Derecho_a_la_Comunicacion_.pdf)
- Sánchez, J. J. C., & Alemán, E. C. (2011). Teachers' opinion survey on the use of ICT tools to support attendance-based teaching. *Computers & Education*, 56(3), 911–915.
- Santos, G. M., & Ramos, E. M. (2019). ICT Literacy and School Performance. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 18(2), 19-39.
- Sawilowsky, S. S. (2009). New effect size rules of thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 8(2), 26.
- Scheuermann, F., Pedró, F., & European Commission (Eds.). (2009). *Assessing the effects of ICT in education: Indicators, criteria and benchmarks for international comparisons*. Luxembourg: Publications Office of the European

Union; OECD.

Schwab, K. (2017). *La cuarta revolución industrial*. Barcelona: Debate.

Self, S. G., & Liang, K.-Y. (1987). Asymptotic properties of maximum likelihood estimators and likelihood ratio tests under nonstandard conditions. *Journal of the American Statistical Association*, 82(398), 605-610.

Siemens, G. (2005, enero 1). *Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age*.

Recuperado de [http://www.itdl.org/Journal/Jan\\_05/article01.htm](http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm)

Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1380-1400.

Simonson, M. R. (Ed.). (2012). *Teaching and learning at a distance: Foundations of distance education* (5th ed). Boston: Allyn & Bacon.

Snijders, T. A. B., & Bosker, R. J. (2012). *Multilevel analysis: An introduction to basic and advanced multilevel modeling* (2nd ed). Los Angeles: Sage.

Song, H.-D., & Kang, T. (2012). Evaluating the Impacts of ICT Use: A Multi-Level Analysis with Hierarchical Linear Modeling. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 11(4), 132–140.

Srivastava, A. (2019). *Is Education 4.0 the future of learning?*. Recuperado de <https://www.indiatoday.in/education-today/featurephilia/story/is-education-4-0-the-future-of-learning-1557292-2019-06-27>

Stram, D. O., & Lee, J. W. (1994). Variance Components Testing in the Longitudinal Mixed Effects Model. *Biometrics*, 50(4), 1171. doi: 10.2307/2533455.

Sulcic, V., & Lesjak, D. (2009). E-learning and study effectiveness. *The Journal of Computer Information Systems*, 49(3), 40-47.

Surian, A., & Sciandra, A. (2019). Digital divide: Addressing Internet skills.

- Educational implications in the validation of a scale. *Research in Learning Technology*, 27(0). <https://doi.org/10.25304/rlt.v27.2155>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed). Boston: Pearson Education.
- Tassinari, M. G. (2012). Evaluating learner autonomy: A dynamic model with descriptors. *SISAL Journal*, 3(1), 24-40.
- Trebbi, T. (2008). Freedom - a prerequisite for learner autonomy? Classroom innovation and language teacher education. En T. Lamb & H. Reinders (Eds.), *AILA Applied Linguistics Series* (Vol. 1, pp. 33-46).  
<https://doi.org/10.1075/aals.1.06tre>
- Trilling, D. (2016). *The internet makes people happier: New research*. Recuperado de <https://journalistsresource.org/studies/society/internet/internet-happiness-elderly-senior-citizens/>
- United Nations. (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Recuperado de [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/WPP2017\\_KeyFindings.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/WPP2017_KeyFindings.pdf)
- Ushioda, E. (2009) A person-in-context relational view of emergent motivation, self and identity. En Dörnyei, Zoltán and Ushioda, Ema, (eds.), *Motivation, language identity and the L2 self* (pp. 215-228). Bristol, U.K.; Buffalo, N.Y.: Multilingual Matters.
- Ushioda, E. (2011). Motivating learners to speak as themselves. En Garold Murray, Xuesong (Andy) Gao and Terry Lamb (Eds.), *Identity, motivation and autonomy in language learning* (pp. 11-24). Bristol; Buffalo: Multilingual Matters.

- Van Lier, L. (2010). Forward: Agency, self and identity in language learning. En B. O'Rourke & L. Carson (Eds.), *Language learner autonomy: Policy, curriculum, classroom* (pp. ix-xviii). Oxford: Peter Lang.
- Vastag, B., & Lindeman, T. (2011). *Exabytes: Documenting the «digital age» and huge growth in computing capacity*. Recuperado de [https://www.washingtonpost.com/national/exabytes-documenting-the-digital-age-and-huge-growth-in-computing-capacity/2011/02/10/ABKbArQ\\_story.html](https://www.washingtonpost.com/national/exabytes-documenting-the-digital-age-and-huge-growth-in-computing-capacity/2011/02/10/ABKbArQ_story.html)
- Vázquez-Cano, E., y Sevillano-García, M. L. (2018). Lugares y espacios para el uso educativo y ubicuo de los dispositivos digitales móviles en la Educación Superior. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (62), 48. doi: 10.21556/edutec.2017.62.1007.
- Verbyla, A. P. (1990). A conditional derivation of residual maximum likelihood. *Australian Journal of Statistics*, 32(2), 227-230.
- Verhagen, P. (2006). *Connectivism: A new learning theory?*. Recuperado de <http://www.surfspace.nl/nl/Redactieomgeving/Publicaties/Documents/Connectivism%20a%20new%20theory.pdf>
- Wang, M. C., & Peverly, S. T. (1986). The self-instructive process in classroom learning contexts. *Contemporary Educational Psychology*, 11(4), 370-404.
- Weert, T. J. van, Tatnall, A., & International Federation for Information Processing (Eds.). (2005). *Information and communication technologies and real-life learning: New education for the knowledge society*. New York: Springer.
- Weinstein, C. E., Ridley, D. S., Dahl, T., & Weber, E. S. (1989). Helping students develop strategies for effective learning. *Educational Leadership*, 46(4), 17-19.
- Wenden, A. L. (2002). Learner Development in Language Learning. *Applied*

*Linguistics*, 23(1), 32-55. doi: 10.1093/applin/23.1.32

- Wenglinsky, H. (1998). *Does it compute? The relationship between educational technology and student achievement in mathematics*. Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED425191.pdf>
- Wenglinsky, H. (2005). Technology and achievement: The bottom line. *Educational Leadership*, 63(4), 29.
- Whelan, R. (2008). Use of ICT in education in the South Pacific: Findings of the Pacific eLearning Observatory. *Distance Education*, 29(1), 53–70.
- Wilson, A. B., Brown, K. M., Misch, J., Miller, C. H., Klein, B. A., Taylor, M. A., ... Lazarus, M. D. (2019). Breaking with tradition: A scoping meta-analysis analyzing the effects of student-centered learning and computer-aided instruction on student performance in anatomy. *Anatomical sciences education*, 12(1), 61-73.
- Wing, J. M. (2014). *Computational thinking benefits society*. Recuperado de <http://socialissues.cs.toronto.edu/index.html%3Fp=279.html>
- Wittwer, J., & Senkbeil, M. (2008). Is students' computer use at home related to their mathematical performance at school?. *Computers & Education*, 50(4), 1558-1571. doi: 10.1016/j.compedu.2007.03.001
- Woessmann, L., & Fuchs, T. (2004). *Computers and student learning: Bivariate and multivariate evidence on the availability and use of computers at home and at school*. Recuperado de [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=619101](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=619101)
- Wolfinger, R. (1993). Covariance structure selection in general mixed models. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 22(4), 1079-1106.

doi: 10.1080/03610919308813143

- Wolfinger, R. D. (1996). Heterogeneous Variance: Covariance Structures for Repeated Measures. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 1(2), 205. doi: 10.2307/1400366
- Zhang, D., & Luman, L. (2016). How Does ICT Use Influence Students' Achievements in Math and Science Over Time? Evidence from PISA 2000 to 2012. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(10). doi: 10.12973/eurasia.2016.1297a
- Zhong, Z.-J. (2011). From access to usage: The divide of self-reported digital skills among adolescents. *Computers & Education*, 56(3), 736-746. doi: 10.1016/j.compedu.2010.10.016.
- Zorrilla, M. (2004). La educación secundaria en México: al filo de su reforma. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 2(1), 0.
- Zull, J. E. (2002). The Art of Changing the Brain: Enriching the Practice of Teaching by Exploring the Biology of Learning. *SCHOLE: A Journal of Leisure Studies and Recreation Education*, 24(1), 181.



## ANEXOS

### ANEXO A. ANÁLISIS PISA2009

#### **A1. Modelo multinivel de dos niveles del rendimiento escolar en matemáticas considerando los centros escolares, con datos PISA2009.**

El interés principal de este estudio es investigar el impacto del uso de las TIC, utilizando datos de los estudiantes (nivel 1) y los datos de la escuela (nivel 2), se utilizan tres modelos anidados por niveles para investigar la relación entre el rendimiento en matemáticas, la intervención de la escuela y el uso de las TIC.

Se han establecido cinco pasos para dicho proceso. Cada uno de ellos dará lugar a uno o varios modelos estadísticos.

1. Modelo Nulo (modelo M0).
2. Modelo con las variables de ajuste (modelo M1).
3. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (modelo M2).
4. Modelo final. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (modelo M3).
5. Verificación del cumplimiento de los supuestos.

Todas las variables explicativas empleadas en el modelo final intervienen de manera estadísticamente significativa, como se presenta en la Tabla 38. Además, se hizo posteriormente un análisis de gradientes complementario confirmatorio.

#### **A2. Modelo Nulo (modelo M0)**

El modelo vacío (teniendo en cuenta solo el *intercepto* como parámetro fijo) es el modelo incondicional sin predictores, y es el modelo multinivel más simple, que permite efectos de la escuela en rendimiento escolar, pero sin variables explicativas. Este modelo incondicional puede escribirse de la siguiente forma:

$$MEDIAMAT_{ij} = \beta_0 + u_{0j} + e_{ij}$$

donde  $MEDIAMAT_{ij}$  es la puntuación de rendimiento del estudiante  $i$  en la escuela  $j$ ,  $\beta_0$  es la media general en todas las escuelas,  $u_{0j}$  es el efecto de la escuela  $j$  en el rendimiento, y  $e_{ij}$  es el nivel residual de estudiantes, Los efectos de la escuela  $u_{0j}$ , que también nos referiremos como residuos de la escuela (o nivel 2), se supone que sigue una distribución normal con media cero y varianza  $\sigma^2_{u0}$ .

**A3. ¿Qué parte de la varianza en las puntuaciones de rendimiento de matemáticas es atribuible a los estudiantes y a las escuelas?**

De los datos obtenidos para este modelo podemos calcular el coeficiente de correlación intraclase (CCI) que indica cuánto de la variación total en el rendimiento en matemáticas se puede atribuir a las diferencias entre la gestión de las escuelas.

El resultado indicó que aproximadamente el 21% de la variabilidad en el rendimiento en matemáticas de los estudiantes se explica por las diferencias entre las escuelas de nuestro estudio, dejando aproximadamente el 79% de la variabilidad del rendimiento en matemáticas al quehacer de los estudiantes dentro de las escuelas y en el hogar, Estos resultados responden a nuestra primera pregunta de investigación y proporcionan apoyo para el uso de un modelo de dos niveles. La gran proporción de la variabilidad en el rendimiento en matemáticas de los estudiantes explicada por las escuelas hace hincapié en la importancia de tener en cuenta la estructura jerárquica de los datos.

#### A4. Modelo con las variables de ajuste (modelo M1)

Comenzamos por un efecto lineal del uso de las TIC (IC05Q01), este modelo puede escribirse de la siguiente forma:

$$MEDIAMAT_{ij} = \beta_0 + \beta_1 IC05Q01_{ij} + u_{0j} + \varepsilon_{ij}$$

La ecuación de la recta de regresión ajustada promedio (en todas las escuelas) resultó ser la siguiente

$$\widehat{MEDIAMAT}_{ij} = 431,19 + 3,52 IC05Q01_{ij}$$

Este modelo mejora en forma significativa el desajuste del modelo incondicional, pero no refleja cambios en el primer nivel (las variables añadidas explican el 1,22% de la varianza del primer nivel). En el segundo nivel (centros escolares) se produce una mejora de tan solo un 0,23% de explicación en la varianza, y todavía queda un total de 79,64% de varianza que habrá que analizar con otras variables a nivel de centros. Sin haber hecho intervenir más que variables del nivel 1, este modelo explica el 20,36% de la varianza del nivel 2, siendo la mejora general respecto al modelo vacío de tan solo 0,43% de la varianza total de las puntuaciones de los estudiantes en Matemáticas.

Tabla 38.

Sinopsis de los resultados de los modelos multinivel, con predictores en nivel 1 para el rendimiento escolar en matemáticas.

<b>Modelo</b>	<b>M0: solo intercepto</b>	<b>M1: + IC05Q01</b>	<b>M2: + IC05Q01 IC05Q02</b>	<b>M3: + IC05Q01 IC05Q02 IC05Q03 Género</b>
<b>Parte fija</b>				
	Coefficiente (EE)	Coefficiente (EE)	Coefficiente (EE)	Coefficiente (EE)
Predictor	439,70	431,19	443,28	449,35
Intercepto	(5,24)***	(6,90)***	(7,17)***	(7,42)***
IC05Q01		3,52 (1,87)	8,85 (2,09)***	9,57 (2,08)***
IC05Q02			-10,19 (1,85)***	-8,56 (1,88)***
IC05Q03				-7,77 (2,25)***
Género				17,20 (3,66)***
<b>Parte aleatoria</b>				
<b>Varianza nivel 1</b>				
$\sigma_e^2$	4642,00	4631,54	4531,13	4417,53
<b>Parte aleatoria nivel 2</b>				
$\sigma_{u0}^2$	1198,83	1184,24	1161,34	1192,38
$R^2$ (%)	20,53	20,36	20,40	21,26
AIC	15628,57	15627,03	15599,0	15570,3
BIC	15633,8	15637,49	15614,7	15596,4

Nota. \* Datos con nivel de significación p-valor >0,05; \*\* Datos con nivel de significación p-valor >0,01; \*\*\* Datos con nivel de significación p-valor >0,001.

#### A5. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (modelo M2)

Vamos a extender ahora el modelo de intercepto aleatorio ajustado para permitir que tanto el intercepto y la pendiente varíen aleatoriamente para todas las escuelas.

El ajuste del modelo queda para M2 como sigue

$$MEDIAMAT_{ij} = \beta_0 + \beta_1 IC05Q01_{ij} + \beta_2 IC05Q02_{ij} + u_{0j} + \varepsilon_{ij}$$

Este modelo mejora en forma significativa el desajuste del modelo incondicional, pero no refleja cambios en el primer nivel (las variables añadidas explican el 3,13% de la varianza del primer nivel). En el segundo nivel (centros) se produce una mejora de tan solo un 2,39% de explicación en la varianza, y todavía queda un total de 79,60% de varianza que habrá que analizar con otras variables a nivel de centros. Sin haber hecho intervenir más que variables del nivel 1, este modelo explica el 20,40% de la varianza del nivel 2, siendo la mejora general respecto al modelo vacío de tan solo 2,54% de la varianza total de las puntuaciones de los estudiantes en Matemáticas.

#### **A6. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (modelo M3)**

Este modelo se construyó a partir del modelo nulo, pero incorporándole, en la parte fija las tres variables consideradas en nuestro trabajo como variables de ajuste más la de Género. De esta forma, y para el caso de tres variables de ajuste, el Modelo Multinivel que se espera conseguir es

$$MEDIAMAT_{ij} = \beta_0 + \beta_1 IC05Q01_{ij} + \beta_2 IC05Q02_{ij} + \beta_3 IC05Q03_{ij} + \beta_4 Genero_{ij} \\ + u_{0j} + \varepsilon_{ij}$$

Los resultados del modelo se muestran en la Tabla 38. De esta, se infiere que las pendientes fueron estadísticamente significativas por dos motivos, primero por los

valores de  $p$  para los componentes de la varianza estimados, así como la mejora global en el ajuste del modelo cuando se añadieron las pendientes aleatorias para el modelo.

Este modelo mejora en forma significativa el desajuste del modelo incondicional, pero no refleja cambios en el primer nivel (las variables añadidas explican el 0,53% de la varianza del primer nivel). En el segundo nivel (centros) se produce una mejora de un 4,84% de explicación en la varianza, y todavía queda un total de 78,74% de varianza que habrá que analizar con otras variables a nivel de centros. Sin haber hecho intervenir más que variables del nivel 1, este modelo explica el 21,26% de la varianza del nivel 2, siendo la mejora general respecto al modelo vacío de un 3,95% de la varianza total de las puntuaciones de los estudiantes en Matemáticas.

El interés del análisis se centra en las diferencias entre valores o categorías extremas, para lo cual se emplea el coeficiente  $d^*$  que se obtiene del criterio propuesto por la  $d$  de Cohen (Cohen, 1988; Sawilowsky, 2009). Este índice permite comparar significativamente con cualquier otro  $d^*$ , como la puntuación  $d^*$  calculados en cualquier otra medida. En este caso el valor crítico se sitúa en  $0,2 \times \sigma = 0,2 \times 76,50 = 15,30$ . Para la variable IC05Q01 (véase Tabla 39, Tabla 40 y Tabla 41) la frecuencia de uso para navegar por Internet para el trabajo escolar es de 9,57 puntos; este valor dividido entre 15,30 es  $d^* = 0,63$  que, de acuerdo con el criterio de Cohen, corresponde a un tamaño del efecto de tipo medio. El valor absoluto del coeficiente  $d^*$  es mayor que 0,5 para IC05Q02 e IC05Q03 (que se considera un tamaño del efecto de tipo medio) pero el signo del coeficiente nos indica un efecto contrario al rendimiento en competencia matemática.

Tabla 39.

Efecto de tamaño (I).

Variable explicativa	Coefficiente	Diferencia gamma variable	d*	Tamaño del Efecto (ES)
Género	17,20	17,20	1,12	Grande
IC05Q01	9,57	9,57	0,63	Moderado
IC05Q02	-8,56	8,56	-	Moderado
			0,56	
IC05Q03	-7,77	7,77	-	Moderado
			0,51	

Tabla 40.

Efecto de tamaño (II).

Estadístico	Valor	d*	Tamaño del Efecto (ES)
Total TIC (valor absoluto)	25,90	1,69	Grande
Total teórico (valor absoluto)	43,10	2,82	Grande
Equivalente en desviaciones estándar de Matemáticas	0,56		
Equivalente respecto de la escala de puntuaciones en Matemáticas %	7,18%		

Tabla 41.

Efecto de tamaño (y III).

Variable explicativa	Categoría para el resultado inferior	Categoría para el resultado superior
Género	Mujer=1	Hombre=2
IC05Q01	Nunca o casi nunca=1	Cada día=5
IC05Q02	Nunca o casi nunca=1	Cada día=5
IC05Q03	Nunca o casi nunca=1	Cada día=5

### **A7. Comportamiento del rendimiento en matemáticas por escuela**

La Figura 21 muestra el comportamiento del alumnado que usa las TIC frente aquellos que no lo usan (gradiente), analizando la variable IC05Q01 centro por centro. El porcentaje de cambio en rendimiento de matemáticas, a medida que el alumnado usa con mayor frecuencia las TIC, se comportó por centro escolar de manera parecida para toda la muestra. La mayoría de los centros tuvieron resultados positivos, solo hubo un centro donde la tendencia fue inversa. En general, el rendimiento en matemáticas por escuela aumenta claramente a medida que el uso de las TIC aumenta.



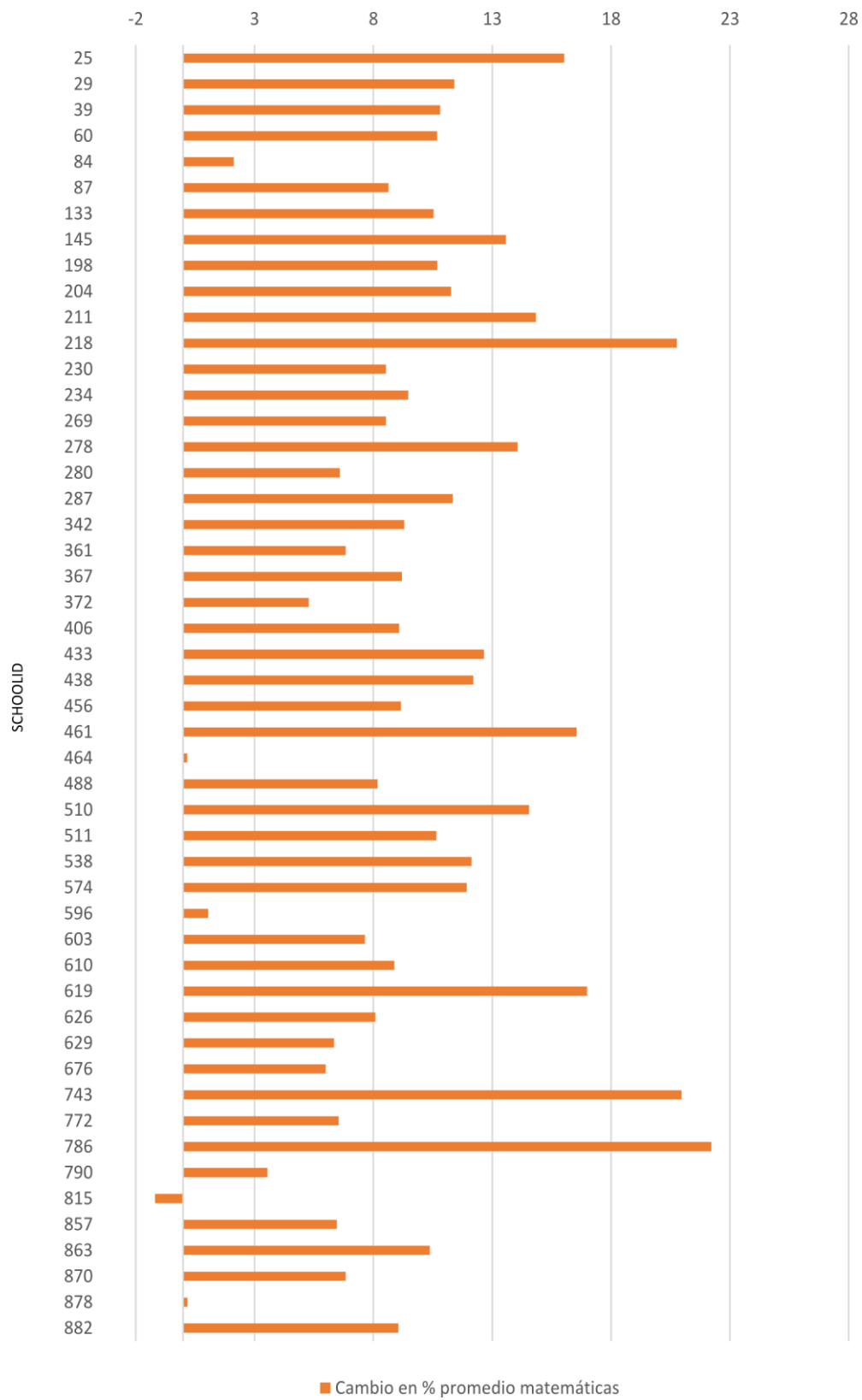


Figura 21. Comportamiento del rendimiento en matemáticas por centro escolar PISA2009.

## ANEXO B. VARIABLES A NIVEL DE ESTUDIANTE PISA 2009

Listado de las variables de estudio. Las cuales han sido extraídas de los cuestionarios de las pruebas PISA2009 de la OCDE.

Variable	Valores	Descripción	Tipo
PV1MATH, ..., PV10MATH	0 ... 600	Valores plausibles del puntaje obtenido en la prueba de matemáticas, de acuerdo con la distribución a posteriori de resultados de PISA 2015	Derivada
IC05Q01	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Cada día o casi todos los días	Navegar por Internet para las tareas escolares (por ejemplo, preparar un ensayo o una presentación)	Primaria
IC05Q02	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Cada día o casi todos los días	Utilizar el correo electrónico para comunicarse con otros estudiantes sobre el trabajo escolar	Primaria
IC05Q03	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Cada día o casi todos los días	Utilice el correo electrónico para comunicarse con los profesores y enviar tareas u otras tareas escolares	Primaria
ST04Q01	1. Mujer 2. Hombre	Género	Primaria

## ANEXO C. VARIABLES A NIVEL DE ESTUDIANTE PISA 2015

Listado de las variables de estudio. Las cuales han sido extraídas de los cuestionarios de las pruebas PISA2015 de la OCDE.

Variable	Valores	Descripción	Tipo
PV1MATH, ..., PV10MATH	0 ... 600	Valores plausibles del puntaje obtenido en la prueba de matemáticas, de acuerdo con la distribución a posteriori de resultados de PISA 2015	Derivada
OUTHOURS	N.A.	Tiempo de estudio fuera de la escuela por semana	Derivada
IC010Q01TA	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Casi todos los días 5. Cada día	Navegar por Internet para realizar tareas escolares (por ejemplo, para preparar un ensayo o presentación).	Primaria
IC010Q02NA	3. Nunca o casi nunca 4. Una o dos veces al mes 5. Una o dos veces a la semana 6. Casi todos los días 7. Cada día	Navegar en Internet para dar seguimiento a las lecciones, ej. para encontrar explicaciones.	Primaria
IC010Q03TA	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Casi todos los días 5. Cada día	Usar el correo electrónico para comunicarse con otros estudiantes sobre el trabajo escolar.	Primaria
IC010Q04TA	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Casi todos los días 5. Cada día	Usar el correo electrónico para comunicarse con los profesores y la presentación de tareas u otras tareas escolares.	Primaria
IC010Q05NA	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana	Usar las redes sociales para comunicarse con otros estudiantes sobre el trabajo escolar (por	Primaria

	4. Casi todos los días 5. Cada día	ejemplo, <Facebook>, <MySpace>).	
IC010Q06NA	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Casi todos los días 5. Cada día	Usar las redes sociales para la comunicación con los profesores (por ejemplo, <Facebook>, <MySpace>).	Primaria
IC010Q07TA	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Casi todos los días 5. Cada día	Descargar, cargar o buscar material del sitio web de mi escuela (por ejemplo, calendario o materiales del curso).	Primaria
IC010Q08TA	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Casi todos los días 5. Cada día	Verificar el sitio web de la escuela para ver anuncios, p. ausencia de profesores	Primaria
IC010Q09NA	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Casi todos los días 5. Cada día	Hacer la tarea en una computadora	Primaria
IC010Q10NA	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Casi todos los días 5. Cada día	Hacer la tarea en un dispositivo móvil	Primaria
IC010Q11NA	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Casi todos los días 5. Cada día	Descargar aplicaciones de aprendizaje en un dispositivo móvil	Primaria
IC010Q12NA	1. Nunca o casi nunca 2. Una o dos veces al mes 3. Una o dos veces a la semana 4. Casi todos los días 5. Cada día	Descarga de aplicaciones de aprendizaje de ciencias en un dispositivo móvil.	Primaria
ST004D01T	1. Mujer 2. Hombre	Género	Primaria
HISEI	N.A.	El más alto estatus ocupacional parental	Derivada

MOTIVAT	N.A.	Logro motivacional	Derivada
ESCS	N.A.	Índice de PISA del estado educativo, social y cultural	Derivada