

# Informe PISA y efectos de la programación en ámbitos matemáticos

ITECS 2013

Al contrario de lo que dice la creencia popular amplificada en los últimos años, la palabra crisis no es sinónimo de oportunidad en chino. Esto no es sino una maniobra de marketing creada en los años 60 y explotada durante la actual crisis económica para arengar y motivar a una audiencia animándola a la vez a emprender y trabajar duro para salir de la crisis. Sin embargo, la actual crisis económica por la que atraviesa el país sí que puede representar una oportunidad en ciertos aspectos. Sin la actual crisis y su amplitud y gravedad, hubiese sido poco probable que siquiera se hubiese planteado una necesaria reforma de muchos ámbitos públicos y privados en el país.

Uno de estos ámbitos bajo reforma es la educación. Estos últimos años la situación económica ha sido utilizada como un catalizador para que algunos problemas afloren y las más diversas opiniones se prodiguen en la opinión publicada llegando, de esta forma, al debate a pie de calle y a la opinión pública. En este contexto, el periódico informe PISA, que evalúa las capacidades y conocimientos de nuestros alumnos, se ha convertido en un lugar común y un tópico en las conversaciones de los españoles. Los malos resultados de los alumnos son ampliamente comentados y extrapolados, no sin razón, a la actual situación económica del país. Sin embargo, aún más inquietante resulta la proyección de estos resultados al devenir futuro de la economía del país. Devenir que, como en toda economía mayoritariamente dependiente del sector terciario, dependerá básicamente del capital humano que seamos capaces de generar actualmente.

El informe PISA no es sino un análisis cuantitativo de carácter periódico del rendimiento de estudiantes focalizado en tres áreas fundamentales: competencia de lectura, matemáticas y ciencias naturales. Evidentemente la metodología y objetividad del análisis pueden ser objeto de un debate, por otra parte, ajeno al objeto de este documento. Sin embargo, el informe PISA viene a ser el único método de comparación existente entre países y regiones y, como tal, hasta el momento en el que se implementen métodos mejores de medición, lo tomaremos como referencia.

Nos centraremos, en especial, en un área competencial del informe PISA: aquella dedicada a las competencias matemáticas. Es aquí donde trataremos de mostrar los beneficios que la enseñanza de programación informática comporta en el rendimiento en el terreno de las competencias matemáticas, y por ende, en el área científica. Con esto nos estamos refiriendo, concretamente, a los beneficios directamente obtenibles en el campo de las matemáticas como consecuencia del estudio de programación informática en alguna de las variantes del programa educativo propuesto por ITECS.



# Informe PISA y efectos de la programación en ámbitos matemáticos

ITECS 2013

Sin embargo, no queremos centrarnos únicamente en la causalidad entre el estudio de programación y el incremento del rendimiento de los alumnos en las pruebas PISA. Tampoco nos centraremos en el beneficio implícito del estudio de la programación en la asimilación del currículo escolar actual en el campo matemático. En este sentido, habría que reconocer que el actual currículo escolar no incluye los desarrollos matemáticos de los últimos 200 años, a pesar de que los mismos son, sin embargo, los más demandados en la actualidad en casi cualquier industria y sector, en especial en los campos informáticos y tecnológicos. Véase, como ejemplo, el auge de la matemática discreta y su aplicación práctica en estos últimos decenios. Desde nuestro punto de vista, resulta extremadamente preocupante que una gran parte de los estudiantes puedan abandonar el sistema escolar, incluso en sus últimos estadios universitarios, sin haber siquiera tenido la necesidad de estudiar dichas parcelas matemáticas.

Por estos motivos consideramos que el beneficio de la introducción de la enseñanza de programación informática en primaria y secundaria presenta más ventajas que la simple mejora de rendimiento en unas pruebas de medición de desempeño (pese a que, no obstante, estamos convencidos de que dicha mejora es posible). El actual “estado del arte” en el campo de la investigación pedagógica tiende a confirmar nuestra percepción. De hecho, consideramos que el estudio de programación, realizado con la metodología y las herramientas adecuadas, genera más réditos que el simple beneficio en las competencias matemáticas. Sin embargo, en este escrito nos centramos específicamente en estas competencias.

Básicamente la competencia matemática cuantificable por las pruebas PISA se puede definir como: “la capacidad de analizar, razonar y comunicar según se plantean y resuelven los problemas que surgen del desarrollo personal y la plena integración en la sociedad de la comunicación” según **[Gob.Aragón, 2010]** Esta capacidad engloba tres dimensiones interrelacionadas: contenidos, procesos y situaciones o contextos, y es aplicada para resolver problemas de la vida cotidiana y afrontar exigencias de diferente nivel y tipo. Es, de este modo, una capacidad o prerrequisito necesario para seguir aprendiendo a lo largo de la vida.

Dicha competencia se demuestra en la ejecución autónoma de sucesivos procesos cognitivos, entre los que se encuentran las destrezas básicas de cálculo, y se centra en el proceso y el razonamiento más que en el conocimiento en sí.



# Informe PISA y efectos de la programación en ámbitos matemáticos

ITECS 2013

Del análisis de las preguntas de PISA se pueden identificar algunos de los contenidos evaluables dentro de las sub-escalas utilizadas por PISA. Estos son:

- Espacio y forma. Trata de las relaciones de los cuerpos y la representación en dos y tres dimensiones.
- Cantidad. Trata de los fenómenos numéricos y las relaciones y modelos cuantitativos comunes (operaciones, cambios de unidades, proporciones etc.).
- Cambio y relaciones. Trata de la representación de los cambios, funciones y dependencia entre variables: expresiones algebraicas, interpretación de gráficas, ecuaciones y desigualdades.
- Incertidumbre. Tratamiento estadístico de la información y su interpretación. Probabilidad, predicción y combinaciones.

Por otra parte, todas estas competencias o contenidos son evaluadas dentro de una situación o contexto similar al propio de la vida educacional y/o ocupacional de los alumnos, mostrando rutinas y situaciones propias de la edad y actividades de los alumnos examinados. Al mismo tiempo, los alumnos requieren de un grado de autonomía que les posibilite encadenar las fases de análisis, planteamiento, resolución y comunicación de resultados y de la necesaria transcripción del problema a lenguaje matemático.

(Un ejemplo de las pruebas de 2003 puede verse en el siguiente documento: [Pruebas Pisa- Ejemplo](#))

Una vez conocidos con más detalle los criterios de evaluación utilizados en el informe PISA, se plantean las cuestiones clave abordadas en este escrito: ¿qué pueden las tecnologías digitales aportar a la educación en el ámbito de las matemáticas? **[Hoyles & Noss, 2006]**, y, más en concreto, ¿qué parámetros permiten argumentar a favor de la enseñanza de programación informática dentro del currículo educativo? **[Hartmann, 2001]**.

Existen dos corrientes de pensamiento para contestar a estas preguntas. Por un lado, la de aquellos investigadores **[Heid, 1997]** que consideran que el alumno debe aprender la sintaxis y semántica del software y su funcionamiento y posibilidades como un paso previo y necesario a su aprovechamiento y, como consecuencia, el empleo de tecnología en el estudio de matemáticas supone el añadido de una

# Informe PISA y efectos de la programación en ámbitos matemáticos

ITECS 2013

sobrecarga para el alumno. Frente a estos, otros investigadores, **[di Sessa, 2000]** o **[Wilensky, 2001]**, interpretan que éste ya no es necesariamente el caso; más bien al contrario, el aprendizaje de software y programación se está convirtiendo en parte integral del proceso de aprendizaje de matemáticas.

El segundo campo de tensión surge del hecho de considerar que los estudiantes tienden a utilizar la tecnología -el software- como un método de esquivar la carga de “pensamiento” inherente al estudio de las matemáticas. Esta vertiente de pensamiento no es sorprendente si consideramos el uso común del software en nuestros días, que no es sino la utilización del software en aras de la facilitación de procesos cotidianos. En este sentido, es importante distinguir las necesidades de los *estudiantes* de matemáticas de las necesidades de los *usuarios* de las matemáticas. Mientras que los *estudiantes* necesitan realizar búsquedas y reconocer estructuras, los *usuarios* sólo querrán ver un determinado trabajo o tarea acabado. Esta distinción es crucial cuando se consideran herramientas de software. Sirva como ejemplo una simple hoja de cálculo en Excel. En este caso, el usuario requerirá que la tabla Excel sustituya de algún modo la acción del pensamiento, es decir, le inhiba de la necesidad de pensamiento constructivo. Mientras tanto, el estudiante dedicado a desarrollar dicha hoja no podrá evitar el ejercicio de pensamiento estructural, sistemático y matemático derivado de la creación de la herramienta -la hoja Excel- **[Goldenberg 1991]**.

Por este motivo, y a diferencia de otros usos de la tecnología digital en ámbitos educativos, consideramos necesario discernir entre aquellas herramientas digitales con al menos alguna característica transformativa aplicable a la enseñanza matemática -como la programación- de otras herramientas y metodologías sin esta capacidad transformativa. Entonces, ¿dónde establecer la frontera entre tecnologías? Quizás la mejor respuesta la tenga el propio autor de la primera cuestión planteada **[Noss & Hoyles, 1996]**: aquellas tecnologías con características transformativas aplicables al ámbito de las matemáticas son aquellas en las que los estudiantes, mientras utilizan y construyen herramientas, han de generar y crear modelos para observar y/o resolver problemas. Es en ese momento cuando, de acuerdo a los autores, se pueden externalizar sus pensamientos y tomar forma progresivamente según se van adaptando a las herramientas utilizadas. En este contexto, y amparado en esta definición, consideramos que la programación cumple ampliamente con estos requisitos para ser considerada como una herramienta transformativa aplicable a la enseñanza de matemáticas.

# Informe PISA y efectos de la programación en ámbitos matemáticos

ITECS 2013

Por otro lado, el hecho de que la programación fuese vista en los años 70 y 80 como una habilidad clave en el devenir de los alumnos -lo que propició su adopción en numerosos centros educativos- ha generado una gran cantidad de literatura académica narrando los efectos directos e indirectos de su utilización en el alumnado. Siendo *Logo* el primer programa utilizado para enseñar programación de forma generalizada, es entendible que la amplia mayoría de los estudios se centren en el análisis de los efectos de *Logo* en ámbitos como las matemáticas. Numerosos autores, **[Feurzeig and Papert, 1969]**, **[Papert, 1980]**, **[Noss and Hoyles, 1996]**, **[Yelland, 1995]** o **[Clemens, 2001]**, se han prodigado en el análisis de los efectos de *Logo*.

Aunque la amplia mayoría de los estudios muestran unos beneficios significativos para el alumno en áreas propias de la informática y, como es lógico, unos beneficios menores -pero sustanciales- en áreas matemáticas, cabe destacar que muchos de estos estudios se basaron en una utilización errónea de *Logo* en el ámbito educativo **[Informe Logo]**, que no coincidía con los propósitos con los que *Logo* fue diseñado y creado. Mientras que los creadores de *Logo* concibieron este programa principalmente para enseñar a los alumnos *cómo pensar*, la utilización que los centros educativos dieron a *Logo* fue como una herramienta educativa más en la que el principal objetivo de su uso era el *de conocer y dominar la herramienta*. Este uso difería totalmente de las aspiraciones de la herramienta. Es de suponer que esta utilización errónea condicionó los resultados de *Logo* en ámbitos transversales -matemáticas y ciencia- reduciendo su potencialidad como herramienta didáctica.

Evidentemente la anterior aseveración suscita algunas controversias con respecto a los beneficios potenciales de la programación en ámbitos matemáticos. Si suscribimos lo anterior debemos pensar que no es el simple uso de la herramienta lo que condiciona el aprendizaje, sino que es la combinación entre herramienta y metodología lo que hace que la programación responda a las expectativas creadas como herramienta pedagógica transversal.

En este contexto, cabe preguntarse, ¿cuál ha de ser la utilización correcta de esta herramienta para potenciar esas externalidades positivas? Andrea di Sessa plantea una de las claves en su argumento **[di Sessa 2001]**: “[la programación] convierte el análisis en experiencia y permite una conexión entre formas analíticas y sus implicaciones experimentales que son imposibles en otros campos como el cálculo y el álgebra”. Al mismo tiempo, Sendov y Sendova **[Sendov and Sendova, 1995]** abordan la potencialidad de la programación como herramienta óptima para la expresión, elaboración y comunicación de ideas. Es en otras áreas más

# Informe PISA y efectos de la programación en ámbitos matemáticos

ITECS 2013

complejas donde otros investigadores [Wilensky, 1997] descubren las mayores potencialidades de la programación. Áreas tales como la mera representación de realidades estadísticas o la posibilidad de construir modelos que respondan a problemas situacionales son ampliamente beneficiadas con el uso de la programación. Finalmente, cabe destacar que prácticamente todas las áreas, beneficios y requerimientos de las herramientas de programación han sido objeto de estudio.

Como consecuencia de varias décadas de estudio, las corrientes de pensamiento más extendidas, v. gratia [Hartmann, 2001], se ponen de acuerdo en varios aspectos para definir la correcta utilización de la programación con objeto de favorecer las anteriormente mencionadas externalidades. Por un lado, la prioridad principal es la adaptación del contenido a un entorno práctico y relevante para el alumno (en la medida de lo posible, de utilización inmediata). Sin embargo, la enseñanza no ha de focalizarse solamente en la obtención de conocimientos y capacidades de uso inmediato, ya que esto derivaría en el dominio de los llamados “*low-level skills*” o capacidades de bajo nivel por parte de los alumnos. Es decir, la metodología ha de perseguir el entendimiento de conceptos y principios - ¿por qué y cómo funciona?- más allá de la mera respuesta a ¿cómo se hace esto? En un ambiente tan proclive al cambio como la informática no tendría sentido o valor el conocimiento estanco de una serie de campos. Así, la mayor potencialidad de la herramienta, y como tal la metodología ha de perseguirla, es la obtención de conocimientos de larga duración. Curiosamente, este era el objetivo de diseño de *Logo*, anteriormente citado.

Por último y, para finalizar la respuesta a la pregunta anteriormente planteada, cabe destacar que los mayores beneficios se obtienen tanto si la herramienta como la metodología de enseñanza tienen un carácter lúdico para el alumno. Es decir, están concebidas para ser vistas por el alumno más como un juego que como una actividad académica. En estos principios nos hemos inspirado para diseñar la metodología de enseñanza en ITECS.

Por último, cabe dedicar unos minutos a uno de los temas que se planteo al inicio del texto. En concreto, a la no inclusión en los currículos escolares de prácticamente nada de la matemática discreta generada en los últimos años. Muy a pesar de algunos matemáticos, que consideran esta matemática como menor con respecto a la matemática clásica, es esta disciplina la más demandada actualmente por el mundo laboral en general y por el informático/científico en particular. En sí mismos, muchos de los productos y aplicaciones tecnológicas utilizadas en nuestra época están basados en estos principios matemáticos. Es por esto que la no inclusión de los mismos dentro de los programas escolares básicos -privando con ello de su conocimiento a multitud de estudiantes que abandonan el sistema

# Informe PISA y efectos de la programación en ámbitos matemáticos

ITECS 2013

escolar o, cuando menos, dejan de cursar matemáticas a determinada edad- constituye un grave error de la parte del sistema educativo. Evidentemente, las constricciones temporales derivadas de la ampliación de los programas escolares a nuevas áreas tampoco ayudan, dada la consecuente disminución del tiempo dedicado al estudio de las matemáticas.

Por este motivo, nuestra metodología educativa pone su énfasis en ciertas áreas matemáticas excluidas de los currículos escolares. Estas áreas, pertenecientes a la matemática discreta, son:

- Diseño de algoritmos.
- Creación de modelos.
- Lógica.
- Probabilidad.

Igualmente, se incluyen otras áreas que, si bien no pertenecen en esencia al campo matemático, sí son cruciales para mejorar el desempeño matemático del alumno (e idénticamente son excluidas automáticamente del currículo escolar). Algunas son:

- Experimentación matemática.
- Exposición matemática.
- Capacidad de decisión.
- Autogestión.

En esencia, muchos son los objetivos y beneficios para el alumno derivados del aprendizaje de programación informática. En este escrito hemos tratado de identificar las potenciales externalidades de ese estudio en otros ámbitos tales como las matemáticas. Similares conclusiones se obtienen en el mundo científico con respecto a las externalidades en otros dominios científicos.

Sin embargo, nuestro objetivo era evaluar e indagar en la literatura académica acerca de las potencialidades de la programación en relación a la necesaria mejora en las capacidades y competencias matemáticas de los alumnos. Para ello nada mejor que referenciar el estudio a aquellas competencias cuantificadas en el estudio PISA, habida cuenta de su difusión y envergadura. Creemos que la abundante investigación ha dado muestras suficientes de los beneficios transversales o externalidades de la programación en el ámbito matemáticos perfilando, al mismo tiempo, los

# Informe PISA y efectos de la programación en ámbitos matemáticos

ITECS 2013

criterios que una correcta metodología educativa ha de tener. En este sentido, en ITECS hemos basado la creación de nuestra metodología educativa en esa abundante prueba científica que, de alguna forma, supone una garantía para nuestros estudiantes.

## Referencias:

**[Gov. Aragón, 2010]** Matemáticas, informe PISA 2013. Departamento de Educación, Universidad, Cultura y Deportes. Gobierno de Aragón, 2010.

**[Hoyles & Noss, 2006]** Celia Hoyles et Richard Noss, What can digital technologies take from and bring to research in mathematics education?, Second International Handbook of Mathematics Education Dordrecht, 2006.

**[Hartmann, 2001]** W. Hartmann et al. Kara, finite state machines, and the case for programming as part of general education. Proceedings of the 2001 IEEE Symposia on Human-Centric Computing Languages and Environments, pag. 135-141. Stresa, Italy, 2001.

**[Heid, 1997]** V. Fraser et al. Enhancing Lesson Planning and Quality of Classroom Life: A Study of Mathematics Student Teachers' Use of Technology. Journal of technology and teacher education. Volume 19, Issue 2, 2011.

**[di Sessa, 2000]** A. diSessa. Changing Minds: Computers, Learning and Literacy. MIT Press, 2000.

**[Wilensky, 2001]** Emergent Entities and Emergent Processes: Constructing Emergence through Multi-agent programming. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. Seattle, Wa, 2001.

**[Goldenberg 1991]** Goldenberg, P. (1991). The difference between graphing software and educational graphing software. In W. Zimmerman & S. Cunningham (Eds.), Visualisation in Teaching and Learning Mathematics (MAA Notes no. 19). Washington DC: Mathematical Association of America. Pages 77 - 86.

**[Noss & Hoyles, 1996]** Windows on Mathematical Meanings: Learning cultures and computers. Dordrecht: Kluwer Academic, 1996.





# Informe PISA y efectos de la programación en ámbitos matemáticos

ITECS 2013

**[Feurzeig and Papert, 1969]** Programming Languages as a Conceptual Framework for Teaching Mathematics. Report No.1889. Cambridge, MA: Bolt, Beranek and Newman, 1969.

**[Papert, 1980]** Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas, New York, Basic Books, 1980.

**[Yelland, 1995]** Mindstorms or a storm in a teacup? A review of research with Logo. International Journal of Mathematics Education, Science, and Technology, 26(6), 853 - 869, 1995.

**[Clemens, 2001]** Clements, D. H., Battista, M. T. and Sarama, J. (2001). Logo and Geometry (Journal for Research in Mathematics Education, Monograph Number 10). Reston VA: National Council for Teachers of Mathematics.

**[Informe Logo]** Anit Chakraborty et al. Logo, a Project history, 1999.

**[Sendov and Sendova, 1995]** East or West-GEOMLAND is best, or Does the answer depend on the question? In A. diSessa, C. Hoyles and R. Noss (Eds), Computers and exploratory learning. Berlin: Springer-Verlag. Pages 59 - 78, 1995.

**[Wilensky, 1997] What is Normal Anyway?** Therapy for Epistemological Anxiety. Educational Studies in Mathematics, 33, 2, 171 - 202, 1997.