

¿Puede escuchar a los bits cantando? Estudio de la influencia de la creatividad en el aprendizaje de la programación

Antoni Perez-Poch
EUETIB

Dept. Ciencias de la Computación

UPC- Universitat
Politécnica de Catalunya
c/ Urgell 187 - E08036 Barcelona
antoni.perez-poch(@)upc.edu

Noelia Olmedo
EUETIB

Dept. Expresión Gráfica

UPC- Universitat
Politécnica de Catalunya
c/ Urgell 187 - E08036 Barcelona
olmedo(@)ege.upc.edu

Núria Salán
ETSEIAT

Dpt. Ccias de Materiales e
Ingeniería Metalúrgica

UPC – Universitat
Politécnica de Catalunya
c/ Colom, 11, E08222-Terrassa
nuria.salan(@)upc.edu

Resumen

La enseñanza de los fundamentos de la programación es una tarea compleja que involucra la adquisición por parte del alumno de diversos conocimientos y competencias. Es sabido también que la programación requiere frecuentemente de ciertas dosis de creatividad. Existen estudios que correlacionan la creatividad del alumnado en una escuela-conservatorio de música con su excelencia como músicos. Sin embargo, son pocos los estudios que han analizado la influencia de la creatividad del alumno de ingeniería en su rendimiento como programador. En este artículo se presentan los resultados de un estudio piloto realizado en una muestra de 28 alumnos y alumnas de primer curso de Informática en estudios de Ingeniería Industrial. Los resultados sugieren que para obtener la excelencia en programación es necesaria una alta creatividad, competencia transversal que no está actualmente contemplada en la mayoría de los planes de estudios. Se concluye que la creatividad es una competencia relevante para tener un rendimiento alto en programación, y que su enseñanza debería ser considerada en los planes de estudios de la enseñanza universitaria de la Informática. Los resultados de este primer estudio nos animan a continuar el estudio ampliando la muestra y el ámbito de aplicación. Además, se añaden algunas propuestas de integración de la creatividad en el aula.

Abstract

Teaching fundamentals of programming is a complex task that involves the students' acquisition of diverse knowledge and skills. It is also well known that programming often requires a certain degree of creativity. There also exist some studies in which music

students' creativity is correlated with their excellence as musicians. However, few studies have analyzed the influence of a student's creativity on his or her performance as a programmer. In this paper we present the results of a pilot study, with a sample of 28 freshmen engineering students. Results suggest that a high level of creativity is required to achieve excellence in programming. Creativity is a generic skill which is not currently covered with in most engineering curricula.

We conclude that creativity should be considered in the syllabus of programming courses in order to get good performance results. The results of this first study encourage us to continue expanding the study sample and its scope. In addition, some proposals for enhancing students' creativity in the classroom are proposed.

Palabras clave

Creatividad, informática básica, programación, enseñanza-aprendizaje, competencia transversal.

1. Introducción y contexto

La *programación* es un “problema de diseño” en el sentido clásico de Newell [14]. Es un hecho comúnmente establecido que la programación es un “ejercicio abierto” en el que es muy difícil definir criterios analíticos y cuantitativos para juzgar la eficiencia y corrección de una solución. El reto mayor que supone programar radica en que es necesario aplicar soluciones creativas bajo un conjunto de restricciones formales estrictas (especificaciones). Pero antes de pasar al proceso creativo, la enseñanza formal de la programación requiere proveer un conjunto de conocimientos y estructuras de programación que forman la base del código. Kim y Lerch [11] han estudiado el proce-

so cognitivo que lleva al diseño de código de programa, y han establecido que el programador debe escoger entre diferentes representaciones del código y lo compara con el proceso de la investigación científica.

El proceso de desarrollo del *software* en la industria se ha caracterizado típicamente por ser iterativo, porque surge desde la individualidad, es colaborativo y muchas veces exploratorio [10]. Parece como que al ser una actividad fundamentalmente creativa debería beneficiarse de una enseñanza menos formal y más abierta. Sin embargo, la gran mayoría de universidades e instituciones educativas no plantean la enseñanza de la programación de esta manera. La creatividad no está contemplada. Es más, la mayoría de estrategias docentes están enfocadas a dar una enseñanza de las estructuras de programación y aplicarlas en el laboratorio. Difícilmente encontramos estrategias para aumentar la creatividad de los estudiantes de programación en los planes de estudios [8].

¿Cómo definir la *creatividad*? Ésta ha sido objeto de investigación en multitud de campos como la ciencia, la música o el arte; e incluye su estudio bajo la óptica de la psicología, la sociología, la organización del trabajo, y las ciencias de la educación. Esta diversidad de enfoques ha llevado a que existan una gran variedad de definiciones de la creatividad [16]. Dado que nuestro estudio se refiere a la creatividad aplicada a la creación de un ‘objeto’ o código de programa, parece natural que busquemos aquellas definiciones que tienen un enfoque más operacional. Boden [1, 2], por ejemplo, elabora una serie de criterios que deben darse en el proceso cognitivo de fabricación de un objeto como puede ser un programa informático. Un programador/a creativo/a, así, sería aquél o aquella (Figura 1) que es capaz de escoger entre diversas soluciones o patrones uno nuevo con un patrón único y original, de forma que solucione el problema requerido eficientemente. Los/las programadores/as suelen describirse como abiertos, individualistas, disruptivos, y generosos; en contraposición con la obediencia a las reglas establecidas. Algunos autores como Couger y Dengate [4], en cambio, niegan que pueda ligarse la creatividad a la creación de un objeto abstracto como el *software*, y por tanto consideran que el enfoque operacional de la creatividad, de hecho, ignora el proceso dinámico-cognitivo de toda creación original. Sin embargo, no es el objeto de este artículo la disquisición teórica sobre cómo describir la creatividad de nuestros alumnos/as, sino estudiar qué consecuencias tiene en su rendimiento académico.

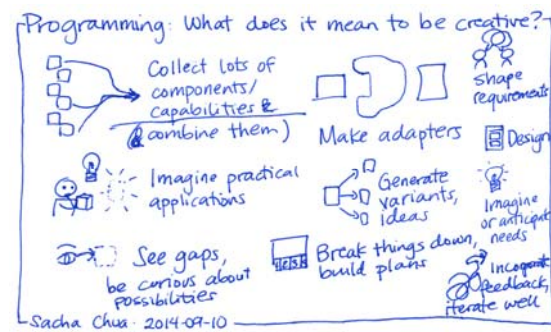


Figura 1: ¿Qué significa que un programador/a tiene que ser creativo/a? [3]

Para ello, buscamos una manera de cuantificar cuán creativo está siendo un alumno en el aula con su productividad tanto en la asignatura de Informática como en su rendimiento en los estudios. Para poner un ejemplo de a qué nos referimos con la medida de la creatividad operacional de un/a alumno/a, consideremos la “elegancia” del código producido. Esta “elegancia” suele describirse con un atributo propio de un código bien escrito, algo difícil de cuantificar desde el punto de vista creativo, pero que es algo deseable en un trabajo práctico de programación, y que de alguna manera refleja la madurez de un/a alumno/a como programador/a. El docente mide en una prueba no sólo la corrección de un algoritmo en la medida que responde a los requisitos del enunciado de problema. También valora la elegancia, originalidad y eficiencia del código.

Este equilibrio entre sometimiento a los requisitos y a la vez, el hecho de escoger una solución entre muchas posibles caracteriza la evaluación de los ejercicios de programación, es compatible con las prácticas que se realizan en psicometría.

Uno de los tests psicométricos de creatividad más reconocidos en psicología es el *Torrance Tests of Creative Thinking*. Este test mide tres ámbitos cognitivos del sujeto estudiado: fluidez, originalidad y elaboración [19, 20]. Por fluidez se entiende el proceso de pensamiento divergente que conduce a soluciones nuevas y originales, y que puede ser medido a partir de un objeto de creación que se propone en el test. El test plantea la creación de frases y de figuras a partir de unos requisitos iniciales. Así, los atributos usualmente atribuidos como “métricas de software” pueden incluir también patrones de elegancia del software como efectos de un proceso creativo de programación. A lo largo del artículo utilizaremos este test estandarizado para evaluar la creatividad del alumno/a y correlacionarla con su rendimiento académico como programador/a.

Como en la música, la creatividad tiene un papel muy relevante en la creación de código de programación (Figura 2). Los músicos de alto nivel son considerados personas altamente creativas, que componen melodías originales partiendo de estructuras musica-

les conocidas en base a patrones establecidos, para crear nuevas composiciones. Son capaces de reproducir obras musicales dándoles un toque propio y de improvisar a partir de melodías conocidas. Hay numerosos estudios [7] que demuestran que los músicos son, de hecho, personas que puntúan alto en los tests de pensamiento divergente como el que hemos mencionado.

En este artículo nos planteamos si *podemos escuchar los bits cantando*: ¿Son realmente creativos/as los buenos/as programadores? ¿Es necesaria una buena dosis de creatividad para lograr los objetivos de un curso de programación básica?



Figura 2. La composición musical es una actividad creativa, como también lo es la programación.

2. Objetivos

Como objetivos del estudio nos planteamos las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Existe alguna correlación entre la creatividad de un estudiante y su rendimiento como programador/a?
2. ¿La correlación entre creatividad y rendimiento como programador/a varía según el valor de su nota de acceso a la universidad?
3. ¿Es la creatividad un factor relevante en el rendimiento del alumno/a o hay otros factores más importantes?

Nuestras hipótesis son: que debe existir alguna relación entre la creatividad del alumno/a y su rendimiento como programador/a, dado que ésta es una actividad de pensamiento divergente. Respecto a la segunda pregunta consideramos de inicio que es más probable que un/a buen/a programador/a tenga alta creatividad, aunque no debe descartarse que un/a mal/a programador/a pueda ser también creativo/a. En relación con esta última consideración, puede haber y de hecho, se ha demostrado que hay [10] otros factores que también influyen en el rendimiento académico de primer curso. Entre ellos, la nota de acceso o la metodología docente. Nuestra metodología docente podría favorecer una mayor creatividad en el alumno a la hora de programar, pero no hay pruebas de que así sea. Además, la nota de acceso del alumno puede suponer una cierta dosis de creatividad, pero está también ligada a la dedicación y esfuerzo

personal del alumno a la asignatura, su motivación, inteligencia y otros factores que influyen en el rendimiento académico.

3. Metodología de investigación

3.1. Características de la muestra

La muestra de este estudio se compone de 28 alumnos y alumnas de primer curso de Ingeniería Industrial, 19 hombres y 9 mujeres, de edades comprendidas entre 17 y 41 años (media: 19,2; desviación típica: 0,7); matriculados en la EUETIB durante el curso 2014-15. El alumnado pertenece al mismo grupo-clase de teoría de mañana, pero no al mismo grupo de laboratorio de Informática. Todo el alumnado tenía el mismo profesor de teoría y de laboratorio. Los estudiantes accedieron voluntariamente a realizar el test de estudio, y firmaron un cuestionario con sus datos personales siendo informados de los objetivos del estudio, de la confidencialidad de los resultados y de que éste no tendría ninguna influencia en su valoración académica. Posteriormente, completaron el test en horas externas a su horario de clases.

De los 28 alumnos y alumnas 24 procedían de bachillerato; sólo 2 proviene de haber cursado otros estudios en la misma universidad UPC, 1 provenía de ciclos formativos y 1 de acceso a mayores de 25 años. La media de la nota de acceso del alumnado es de 10,7 (sobre un máximo de 14; desviación típica 0,3). La muestra no es estratificada pero sí aleatoria, y es representativa del alumnado que accede a los estudios de Grado de Ingeniería Industrial en la UPC y cursan la asignatura de Informática en primer curso (en total, 285 alumnos/as en primer curso) por primera vez. Hemos prescindido deliberadamente en este estudio piloto de alumnos/as repetidores de curso. De la muestra tomada, el 82% no había cursado antes estudios de programación, ya sea en otra titulación anterior o en los estudios anteriores al acceso a la Universidad, ni tenían experiencia previa de programación. Ninguno de ellos había realizado un test de creatividad con anterioridad.

3.2. Instrumento de evaluación

El instrumento utilizado para evaluar la creatividad de los alumnos/as es el Torrance Test de Pensamiento Creativo (TTCT). Se aplicó la Forma A de TTCT [12] en sus componentes verbal y figurativo. Del verbal se aplicaron tres subtests: "Hacer suposiciones" (Subtest 1V), en la que los sujetos enuncian las consecuencias para una situación improbable; "Usos inusuales" (Subtest 2V), en la que los sujetos enumeran usos poco habituales para un objeto; y "Vamos a hacer preguntas" (Subtest 3V), en la que los sujetos formulan un máximo de cuestiones sobre la acción que está ocurriendo en una imagen, que retrata una situación

ambigua. Del figurativo se aplicaron las tres subpruebas: “Componemos un dibujo” (Subtest 1F), en la que se pide a los sujetos que elaboren una ilustración poco familiar a partir de una figura curva; “Acabamos un dibujo” (Subtest 2F, Figura 3), en la que, a partir de dibujos incompletos, los sujetos tienen que diseñar dibujos, proponiendo ideas en las que nadie más haya pensado; y “Las líneas” (Subtest 3F) con un tipo de tarea parecida a la anterior, pero esta vez los sujetos tienen estímulos mucho más semejantes a partir de los cuales han de crear el máximo de ideas diferentes. Para la evaluación de las producciones se consideraron los cuatro criterios: fluidez (cantidad de ideas), flexibilidad (producción de ideas diferentes entre sí), originalidad (producción de ideas no familiares) y elaboración (enriquecimiento de ideas) propuestos inicialmente por Torrance, así como los más estudiados en la literatura [20]. Finalmente, se obtuvo una puntuación global del test que es la que se obtiene como medida de la creatividad del estudiante.

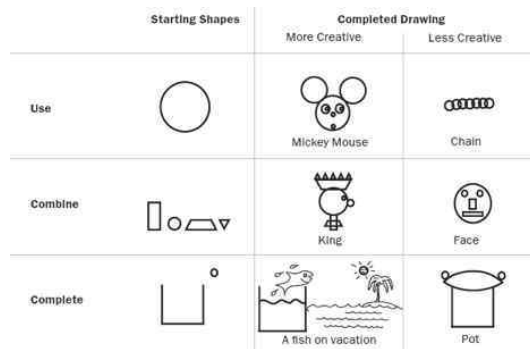


Figura 3: Ejemplo de subtest (2F) del Test Torrance de Pensamiento Creativo. Se dan figuras de inicio al sujeto, que debe completar formando figuras más complejas [19].

Se utilizaron las instrucciones originales de los manuales de test y se hizo énfasis en el carácter lúdico y no evaluativo del test para evitar la ansiedad inherente a la realización de este tipo de pruebas. Un psicólogo con formación previa en la aplicación de este test obtuvo y discutió sus resultados.

Posteriormente, estos resultados fueron correlacionados con variables de los sujetos de la muestra, como su nota de acceso a la titulación o el resultado final que obtuvieron en la asignatura de Informática de primer curso.

Para el tratamiento estadístico de los resultados se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 17 para Windows [18].

4. Resultados

En el Cuadro 1 se muestran los resultados de la aplicación del test, divididos por factores, así como la

medida global de creatividad (mc) del estudiante, ésta última normalizada al valor máximo de 100..

	Media	Desv. típica
Fluidez	42,3	4,6
Flexibilidad	31,4	3,6
Originalidad	46,1	4,8
Elaboración	44,9	8,2
Global (mc)	57,8	5,1

Cuadro 1. Resultados de la aplicación del test para la muestra de N=28 alumnos/as.

4.1. Creatividad y rendimiento como programador

Para responder al Objetivo 1 - *¿Existe alguna correlación entre la creatividad de un estudiante y su rendimiento como programador?* calculamos la correlación estadística entre el resultado global del test y la nota final de la asignatura.

El resultado de esta correlación es una cierta dispersión de los resultados, no obteniéndose un resultado significativo (N= 28; r=0,54; p>0.05).

A continuación procedimos a dividir los 28 alumnos/as de la muestra en tres subgrupos, según la nota final que obtuvieron en la asignatura de Informática cuyo objetivo básico es el aprendizaje de las técnicas básicas de la programación. Los alumnos/as se dividieron en tres terciles según la nota que sacaron, formando tres subgrupos. El Cuadro 2 resume las características de los tres subgrupos: alumnado con (MA) – Nota más alta (entre 10 y 7,4), grupo con (ME) – Nota media (entre 7,4 y 5,3), y finalmente grupo con (MB) – Nota más baja (menor de 5,3). En esta misma tabla se indica el resultado de correlacionar el resultado global del Test Torrance con la nota final obtenida, en cada subgrupo (mc: media del test; d.t: desviación típica; r: correlación; p: significación estadística).

	mc	d.t	r	p
MA	67,8	2,5	0,83	<0,01
ME	48,9	4,6	0,47	>0,05
MB	46,5	4,8	0,58	>0,05

Cuadro 2. Media de cada subgrupo (mc), y correlación de la nota final de Informática con el resultado del test, con los sujetos divididos en tres subgrupos según la nota final.

Como puede observarse, la correlación es significativa únicamente en el subgrupo MA; es decir, sólo entre los mejores alumnos/as de la muestra, con nota final entre 7,2 y 9,1; se observa una alta correlación con el resultado del test. Para los otros dos subgrupos, con notas medias inferiores a 7,2, no hay correlación

con significación estadística apreciable ($p < 0,05$) entre creatividad y rendimiento en la asignatura.

4.2. Creatividad y nota de acceso del estudiante

Para responder al Objetivo 2 - *¿La correlación entre creatividad y rendimiento como programador varía según el valor de su nota de acceso?* calculamos la correlación estadística entre el resultado global del test y la nota de acceso del estudiante. En el caso de los alumnos/as provenientes de otra titulación se usó la nota de acceso de la primera titulación, y en el caso de alumnos/as procedentes de otros accesos, la nota del examen de acceso. En el Cuadro 3 se resumen los resultados obtenidos (mc: media del test; d.t: desviación típica; r: correlación; p: significación estadística).

	mc	na	r	p
MA	67,8	11,07	0,56	>0,05
ME	48,9	10,23	0,45	>0,05
MB	46,5	10,03	0,51	>0,05
Global	57,8	10,34	0,43	>0,05

Cuadro 3. Medias del resultado del test (mc), la nota de acceso del alumno (na, sobre 14), coeficiente de correlación r entre las variables y significación estadística p.

Puede observarse que no se obtienen resultados estadísticamente significativos, ni en el grupo-muestra entero ni en ninguno de los subgrupos de la muestra. Aparentemente, la creatividad no correlaciona con la nota de acceso a la universidad en el estudiantado de la muestra escogida.

4.3. Creatividad y otros factores

Con respecto al objetivo 3 - *¿Es la creatividad un factor relevante en el rendimiento del alumno o hay otros factores más importantes?* planteamos un modelo lineal. La variable dependiente de nuestro modelo es la nota final de la asignatura. Esta variable sería combinación lineal de diversos factores ponderados por pesos

$$\text{Nota final} = \alpha + \sum_{i=1}^N \beta_i f_i$$

Ecuación 1: Modelo de dependencia lineal del rendimiento académico.

El modelo, por tanto, supone que el rendimiento académico del alumnado, medido según la nota final de la asignatura que obtiene, es una suma lineal de

variables independientes (f_i) que tienen asociado un peso. El peso de cada uno de los factores (β_i) es el valor que se calcula en la regresión lineal del modelo, y da idea de la importancia que tiene este factor en el rendimiento final del alumnado. Finalmente, α es el término independiente, constante, que calcula el modelo de regresión. Sumando las contribuciones de cada uno de los N factores f_i , ponderados por su peso correspondiente β_i , y sumando el término independiente α , se obtiene la predicción de la nota final del alumno aparte del modelo de regresión. Los factores f_i en nuestro modelo son: creatividad (resultado del test), nota de acceso a la titulación y procedencia del alumno. Los valores cualitativos se convierten en valores ordinales (procedencia del alumno), y finalmente se normalizan los valores máximos de todos los factores a 1 antes de realizar el cálculo de la regresión.

Se ha realizado un cálculo de análisis multifactorial a partir de este modelo siguiendo el trabajo iniciado en [10] y la metodología estadística descrita en [9]. Los resultados se muestran en el Cuadro 4: Se muestran los valores de la correlación por subfactor, r_i , que indica la importancia de este factor en el peso de la variable dependiente 'nota final de la asignatura'. La primera columna indica la correlación total, y las siguientes tres columnas la intensidad de correlación por cada uno de las tres submuestras MA, ME y MB en que se ha dividido el grupo.

r_i	Global	MA	ME	MB
Creatividad	0,51	0,72*	0,43	0,51
Nota de acceso	0,71*	0,56	0,83*	0,78*
Procedencia	0,34	0,25	0,24	0,27

Cuadro 4. Análisis multifactorial de la nota final de la asignatura Informática (* $p < 0,01$).

Puede observarse que sólo en el caso del grupo MA, es decir, el alumnado de la muestra que obtiene mejores notas, la creatividad es un factor principal que explica la nota final del alumnado. En el caso de considerar el grupo-muestra en su conjunto, así como el caso de los subgrupos ME y MB el factor principal es la nota de acceso, en línea con los resultados obtenidos previamente en [10]. En cuanto al factor procedencia del alumnado, no se obtienen valores significativos de correlación debido a la escasez de diversidad de valores de la muestra.

5. Discusión y Conclusiones

Este estudio piloto ha analizado la correlación existente entre la creatividad de una muestra de estudiantes de Informática en primer curso, y su rendimiento

académico como programadores. Asimismo, se ha estudiado la influencia en este rendimiento de otros factores como la nota de acceso a la titulación o su procedencia. Los resultados sugieren que existe una correlación positiva entre alta creatividad y alto rendimiento como programadores, pero no una correlación en general en todos los estudiantes. Es decir, a rendimientos bajos y medios, puede darse una alta o baja creatividad, pero no a rendimientos altos. Además, se ha constatado que no existe una correlación significativa entre la nota de acceso a la titulación y la creatividad del estudiantado.

Los resultados sugieren que para ser un/a buen/a programador/a se necesita una elevada creatividad, una competencia genérica que no está contemplada en los actuales planes de estudios, ni tampoco en la mayoría de cursos de programación básica en las escuelas de ingeniería.

Existen numerosos estudios realizados hasta ahora que han analizado, mediante el Test Torrance de Pensamiento Divergente, el efecto de una instrucción para mejorar la creatividad del estudiantado [13, 17] con resultados positivos. El test Torrance está establecido como una herramienta que permite de forma fiable y económica evaluar la creatividad potencial de un sujeto mediante preguntas abiertas, tanto verbales como figurativas [5, 19, 20]. En consecuencia, existen evidencias en la literatura de que la creatividad puede mejorarse y evaluarse mediante este test, si se dan las condiciones adecuadas en el aula, hecho que favorecería la excelencia en nuestras universidades.

Por otro lado, este estudio es original en el sentido que no se han encontrado en la búsqueda bibliográfica realizada estudios similares en las universidades españolas. Existen además, muy pocos estudios que relacionen el rendimiento como programador/a con la creatividad. Erdogan et al [6] estudiaron el rendimiento académico en programación de una muestra de estudiantes de la Universidad Técnica de Estambul (Turquía), y lo correlacionaron con diversas variables independientes, entre ellas la creatividad. No encontraron, en la línea de nuestro estudio, una correlación general entre creatividad y rendimiento en programación. Sin embargo, en su trabajo no segmentaron la muestra de estudiantes en subgrupos según su rendimiento académico.

Las limitaciones de nuestro estudio incluyen una muestra pequeña, que tiene pocos estudiantes con diversidad de procedencia a la titulación. La muestra de estudiantes pertenecen todos al mismo centro y tienen un mismo profesor, hecho que favorece la homogeneidad de la muestra y la validez de sus resultados. También puede ser de interés ampliar la evaluación de la creatividad del estudiante con entrevistas y técnicas más cualitativas, o con un test específico de programación. Finalmente, no se han estudiado por separado los resultados de los subtests

de creatividad que podrían apuntar en qué ámbitos específicos (verbal o figurativa) es más necesaria la creatividad del programador/a.

Este estudio piloto aporta la importancia del estudio de la influencia de la creatividad del estudiantado en su rendimiento como programador/a, competencia específica fundamental hoy día para cualquier ingeniero/a. Además, apunta evidencias de que para que el alumno alcance un buen nivel como programador es necesario que tenga una amplia creatividad.

En base a estos resultados, sugerimos que la competencia genérica de la creatividad debería ser contemplada en la formación de un ingeniero/a si se quiere alcanzar un nivel excelente en programación. Además, esta formación seguramente sería buena para alcanzar altos niveles de rendimiento en otras tareas específicas que requieran creatividad, como muchas tareas que involucran un proceso de diseño.

Como líneas de futuro trabajo, y animados por los resultados obtenidos, apuntamos ensanchar la muestra a un grupo mayor de alumnos/as de Informática de nuestro centro y de otras universidades. Asimismo, sería interesante evaluar el estilo de enseñanza del profesorado en la medida que éste favorezca o no la creatividad del alumno, y por tanto, su rendimiento al resolver técnicas algorítmicas en el aula.

Finalmente, proponemos establecer un programa de formación en creatividad como competencia transversal, y evaluar posteriormente sus resultados. Un ejemplo podría ser favorecer la expresión libre del alumno/a en el aula, el trabajo colaborativo, o también el entrenamiento de la creatividad en general mediante actividades específicas en clase, no necesariamente relacionadas con la programación.

La composición musical requiere estudio, dedicación y creatividad. Las notas suenan de forma armoniosa cuando la melodía tiene unas estructuras de composición determinadas que han sido analizadas y descritas por la teoría musical. Pero además de aplicar esos patrones armoniosos, la inspiración del músico y la aplicación de su creatividad son requisitos indispensables para obtener una gran obra.

Es hora de que a los ingenieros/as y en concreto los y las programadores/as, se les reconozca también la necesidad de ser creativos/as como un requisito básico de su profesión para alcanzar la excelencia en sus diseños.

Sólo entonces los bits de su código de programación sonarán de la forma armoniosa; y entonces el profesor o profesora que repase y corrija su ejercicio de programación sí que podrá deleitarse *escuchando a los bits cantando*.

Agradecimientos

Agradecemos a Fermín Sánchez, David López y Ferrán Virgós sus valiosas ideas que han contribuido al desarrollo de este artículo. Estamos agradecidos también al alumnado que voluntariamente se ofreció para participar en el estudio.

Reconocemos a EUETIB-CEIB y al Instituto de Ciencias de Educación de la UPC a través del proyecto RIMA (Investigación y Innovación en Metodologías de Aprendizaje) el habernos otorgado una ayuda económica que ha hecho posible esta comunicación.

Referencias

- [1] Margaret Boden. "Creativity and artificial intelligence", *Artificial Intelligence*, 103 (1), 1998
- [2] Margaret Boden, "The creative mind. Myths and mechanisms", Basic Books, New York, 2010.
- [3] Sacha Chua. "Programming and Creativity." Blog en línea, consultado el 10-1-2015 en: <http://sachachua.com/blog/2014/09/programming-creativity/>
- [4] J. Couger y G. Dengate, "Measurement of creativity of IS products", en *Proceedings of the XXV International Conference on System Sciences*.
- [5] B. Cramond, J. Matthews-Morgan, D. Bandalos y L. Zuo, "Report on the 40-year follow up of the Torrance Tests of Creative Thinking: Alive and well in the new millennium." *Gifted Child Quarterly*, 49 (4), 283-293, 2005.
- [6] Yavuz Erdogan, Emin Aydin, Tolga Kabaca, "Exploring the psychological predictors of programming achievements." *Journal of Instructional Psychology*, 35 (3) 264-270, 2008.
- [7] Crystal Gibson, Bradley S. Follet y Sophie Park, "Enhanced divergent thinking and creativity in musicians. A behavioural and NIS study.", *Brain and Cognition*, 69 (1) 162-169, 2009.
- [8] Robert L. de Haan. "Teaching creative science thinking", *Science* 334 (6062), 1499-1500, 2011.
- [9] Wayne K. Hoy, "Quantitative Research in Education: a primer." SAGE. Londres, 2009.
- [10] S. Hsi. "Conceptualizing learning from the everyday activities of digital kids". *International Journal of Science Education*. 29 (12), 2007
- [11] J. Kim y F. Lerch, "Why is programming (sometimes) so difficult? Programming as scientific discovery in multiple problem spaces." *Information Systems Research*, 8 (1), 1997.
- [12] Kim Kyung Hee, "Can we trust Creativity tests? A review of the Torrance Tests of Creative Thinking." *Creativity Research Journal* 18 (1) 3-14, 2006.
- [13] Richard S. Mansfield, Thomas V. Busse, Ernest J. Krepelka, "The effectiveness of creativity training." *Review of Educational Research*. 48 (4), 517-536, 1978.
- [14] A. Newell, "Heuristic programming: ill-structured programs". *Progress in operations research*. Volumen 3, 1969.
- [15] Antoni Perez-Poch, Fermín Sánchez, Núria Salán y David López, 'Análisis multifactorial de la aplicación de metodologías activas en la calidad docente'. *ReVisión* 8 (1) 41-51 (2015). Consultado en línea el 10-02-2015 en: <http://www.aenui.net/ojs/index.php?journal=revision&page=article&op=view&path%5B%5D=150&path%5B%5D=291>
- [16] J. Robston. "Webster's dictionary definition of creativity". Online Journal for Workforce Ed. And Development, 3 (2), 2010.
- [17] Ginamarie Scott, Lyle E. Lentz, Michael D. Mumford, "The effectiveness of creativity training: a quantitative review." *Creativity Research Journal*, 16 (4), 361-388, 2004.
- [18] SPSS Solutions for Education. Consultado en línea el 10-02-2015 en: <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/academic/>
- [19] E.P. Torrance, "The Torrance Tests of Creative Thinking - Norms - Technical Manual Research Edition." Princeton, NJ, 1974.
- [20] E.P. Torrance, "Tests de Pensée Créative de E.P. Torrance: Manuel (2nd ed.)." París: Centre de Psychologie Appliquée, 1976.