

Conformación de grupos de estudio colaborativos heterogéneos

Julian Moreno

Universidad Nacional de Colombia
Colombia
jmoreno1@unal.edu.co

ABSTRACT

In this paper a methodology that uses genetic algorithms to define collaborative study groups is proposed having as goal the heterogeneity within the groups considering not just one but several students aptitudes. Such distribution allows groups being equitable among them and, in that way, looking for the general academic benefit. Such proposal was validated through a controlled experiment which presented promising results, not only with regard to the methodology but also with regard to the collaborative work.

RESUMEN

En este documento se describe una metodología que emplea algoritmos genéticos para la conformación de grupos de estudio colaborativos teniendo como objetivo la heterogeneidad al interior de los grupos considerando no sólo una sino diversas aptitudes de los estudiantes. Dicha distribución permite que los grupos entre sí sean equitativos buscando propiciar así el beneficio académico general. La propuesta fue validada mediante un experimento controlado el cual arrojó resultados prometedores no sólo respecto a la metodología como tal sino también respecto al aprendizaje colaborativo.

KEYWORDS

Aprendizaje colaborativo, Grupos heterogéneos, Tests de aptitud.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje colaborativo puede definirse como la sinergia de los trabajos individuales dentro de un grupo de trabajo por medio de la discusión y la construcción conjunta de conocimiento, por lo cual no se debe confundirse con el trabajo en equipo donde puede haber simplemente una subdivisión de las tareas. La principal importancia del aprendizaje colaborativo se describe en [4]: “cada participante asume su propio ritmo y potencialidades, impregnando la actividad de autonomía, pero cada uno comprende la necesidad de aportar lo mejor de sí al grupo para lograr un resultado sinérgico, al que ninguno accedería por sus propios medios; se logra así una relación de interdependencia que favorece los procesos individuales de crecimiento y desarrollo, las relaciones interpersonales y la productividad”.

Este aprendizaje se realiza de manera mutua, siendo mucho más influyente que el trabajo individual mediante tutoriales o el clásico aprendizaje que maneja la relación docente y estudiante, donde el aprendizaje del estudiante se limita a lo explicado por un texto o por su profesor. Con el trabajo colaborativo el estudiante adquiere conocimiento mediante dos actividades claras que permiten afianzar su aprendizaje. La primera es la explicación a sus compañeros, en donde cada estudiante prepara previamente unos conceptos, ejercicios, trabajos, etc. para posteriormente compartirlos a los compañeros. La segunda es desarrollar un conocimiento colectivo, donde los estudiantes argumentan sus posiciones y resuelven las inquietudes entre sí, permitiendo ampliar los límites del conocimiento de todos.

Como se menciona en [1], al aplicar aprendizaje colaborativo se enfatiza en tres aspectos: comunicación, coordinación y cooperación. El primero para recibir y enviar la información entre los diferentes miembros del equipo, el segundo para estructurar el aprendizaje y tener coherencia en la realización de las actividades, el tercero trata sobre la participación y responsabilidad individual de cada individuo dentro del trabajo en grupo.

De manera más detallada puede decirse que existen cinco elementos que permiten el éxito del aprendizaje colaborativo. El primero es la interdependencia positiva, en donde cada miembro está satisfecho con la relación con sus compañeros de manera afectiva y cognitiva. El segundo es la promoción del trabajo por pares, donde se desarrollan las habilidades anteriormente explicadas como resolver dudas en conjunto o enseñar alguna lección específica a otro miembro del equipo. El tercero es la rendición de cuentas entre los estudiantes, pues sólo el cumplimiento de las labores y responsabilidades de cada uno de los estudiantes permite alcanzar la meta de todo el colectivo. El cuarto elemento es el desarrollo no sólo de habilidades académicas sino sociales, con las cuales se desarrolla además el liderazgo y la comunicación permitiendo mejores relaciones y resultados en el trabajo conjunto. Por último se encuentra el procesamiento en grupo, en donde los estudiantes discuten y aprenden de manera mutua sobre un tema específico.

Respecto a la labor del docente dentro del aprendizaje colaborativo, puede decirse que es igual de importante a la de sus estudiantes, pues en manos de él se encuentra conformar los grupos de manera adecuada, entregar las lecciones a tratar por cada grupo, explicar el funcionamiento del aprendizaje colaborativo y las tareas a

Moreno, J. (2009). Conformación de grupos de estudio colaborativos heterogéneos. En J. Sánchez (Ed.): Nuevas Ideas en Informática Educativa, Volumen 5, pp. 36 – 42, Santiago de Chile.

desarrollar por cada individuo dentro del equipo. Además monitorea el desempeño de cada estudiante dentro de su grupo de trabajo, incluyendo obviamente el resultado final logrado por cada equipo.

Sin embargo, en muchos cursos que utilizan dinámicas de aprendizaje colaborativo, se evidencia la falta de metodología a la hora de escoger dichos grupos, siendo en muchas ocasiones con criterios tan simples como la selección aleatoria [7]. En muchos de estos casos los resultados a nivel general muestran algunos equipos con un gran rendimiento mientras otros están lejos de alcanzar los objetivos planteados. También se hace evidente que pueden presentarse en algunos de ellos falta de liderazgo, al igual que enemistades dentro de los grupos y otros impedimentos para obtener un buen desarrollo de las actividades propuestas.

Por este motivo se considera importante establecer estrategias de construcción de grupos colaborativos fundamentándose evidentemente en el rendimiento general de cada uno de los grupos pero además en buscar resultados adecuados para todo el curso. En otras palabras se desea lograr grupos de trabajo que sean lo más similares entre sí (inter homogéneos), pero que al interior de cada uno de ellos se potencia las diferencias individuales de los integrantes que los conforman (intra heterogéneos). Esto permite obtener resultados globales que son similares entre sí, permitiendo a estudiantes de diversos niveles de aprendizaje obtener los mismos logros. Para esto es necesario encontrar buenas relaciones dentro del grupo de trabajo, estudiantes con diferentes capacidades académicas y de liderazgo.

Esto sin embargo no es fácil de lograr, tal como lo menciona Bekele [2]: “A pesar que en general se considera muy efectivo, la tarea de crear grupos heterogéneos tiene sus inconvenientes especialmente en cursos de gran tamaño. Dado que se requiere del desarrollo, administración y evaluación de cuestionarios (todo previo a la conformación de los grupos), esto puede ser muy costoso y demorado. Mas aún, en un ambiente manual se necesitaría invertir una gran cantidad de tiempo y esfuerzo puesto que el número de niveles de desempeño y atributos de personalidad que habría que manejar sería demasiado.”

Una forma de superar estos inconvenientes es utilizando los recursos y avances tecnológicos en diferentes áreas como la Psicología y la Pedagogía que permiten caracterizar a los estudiantes, así como de la Inteligencia Artificial y la Investigación de Operaciones los cuales, trabajando en forma conjunta, permiten plantear modelos de optimización para resolver el problema descrito. Esta es precisamente la meta del trabajo presentado en este artículo donde se propone la composición de grupos heterogéneos teniendo en cuenta al menos tres características de los estudiantes, las cuales se consideraron pertinentes para alcanzar los elementos descritos previamente y que permiten el éxito del aprendizaje colaborativo: un estimativo del nivel académico (correspondiente obviamente al dominio de

conocimiento respectivo), un estimativo de las capacidades de liderazgo y un estimativo de las capacidades de comunicación. En el primer caso es posible recurrir, si se cuenta con ellas, a las calificaciones previas de los estudiantes, en caso contrario se puede emplear algún pre-test o prueba relacionada con las habilidades requeridas por los estudiantes para el dominio de interés. En el segundo y tercer caso pueden emplearse tests de aptitud o psicotécnicos que den cuenta de esas capacidades.

Cabe resaltar que el método propuesto puede ser empleado tanto para clases magistrales tradicionales, como en ambientes virtuales que empleen aprendizaje colaborativo apoyado por computador (CSCL por sus siglas en inglés) [9, 12].

TESTS EMPLEADOS

Considerando que el curso en el que se validó el método propuesto fue de fundamentos de programación para los programas de ingeniería, tal como se describe en la sección de resultados, y el experimento se llevó a cabo unas pocas semanas luego de iniciar dicho curso, se optó por utilizar un test de inteligencia lógica ya que no se contaba en el momento con calificaciones de los estudiantes. Otros tests utilizados con el fin de evaluar habilidades de trabajo en grupo fueron los test de liderazgo y de comunicación. Estos tres tests se describen brevemente a continuación.

Test de Inteligencia lógica

Su función es similar a un test de cociente intelectual (CI), pero su resultado no es preciso, pues para obtener el CI es necesaria la utilización de otras pruebas.

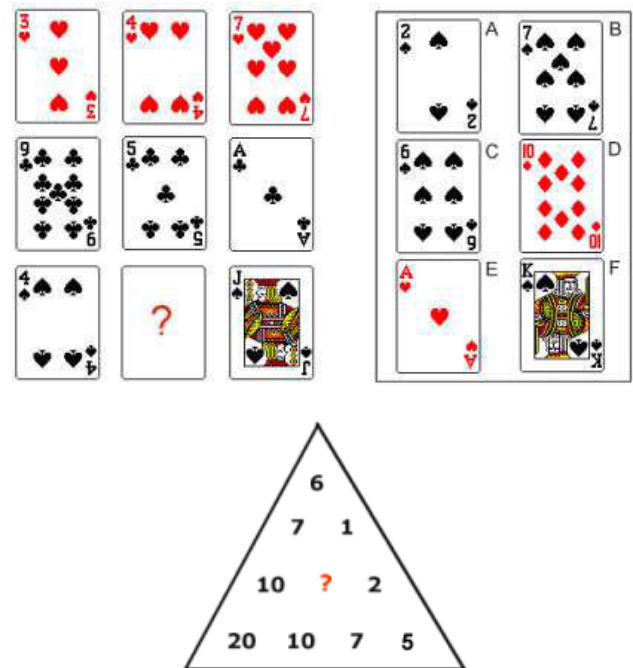


Figura 1. Modelo de preguntas test de inteligencia lógica

Test de liderazgo

El test de liderazgo utilizado fue desarrollado por Hersey-Blanchard con su teoría de liderazgo situacional. Este test consta de 20 preguntas, donde se plantean situaciones y sus posibles soluciones. Los resultados de éste test contemplan se basan en su teoría según la cual los líderes deben modificar sus conductas y preferencias de acuerdo a la situación y a la madurez de sus seguidores: “Cuanto más pueda adaptar el líder su conducta a la situación, más eficaces serán sus esfuerzos por influir” [5]. Sobre los seguidores menciona “La madurez de los subordinados se define como la disposición y capacidad de una persona para

asumir la responsabilidad de dirigir su propia conducta o de cumplir con las tareas” [6]. Los tipos de madurez se dividen en cuatro, mezclando dos habilidades, capacidad y disposición, las cuales van desde el M1 donde no se cuenta con ninguna de las dos, hasta M4 donde existe disposición y capacidades. Las capacidades de liderazgo funcionan de manera similar, tal como se muestra en la figura 2, están divididos en cuatro cuadrantes: ordenar o instruir, persuadir, participar y delegar. Cada una también tiene relación con el nivel de madurez de sus seguidores, donde las labores del líder van desde dar instrucciones y supervisar, hasta ceder responsabilidades de decisiones a sus subordinados.

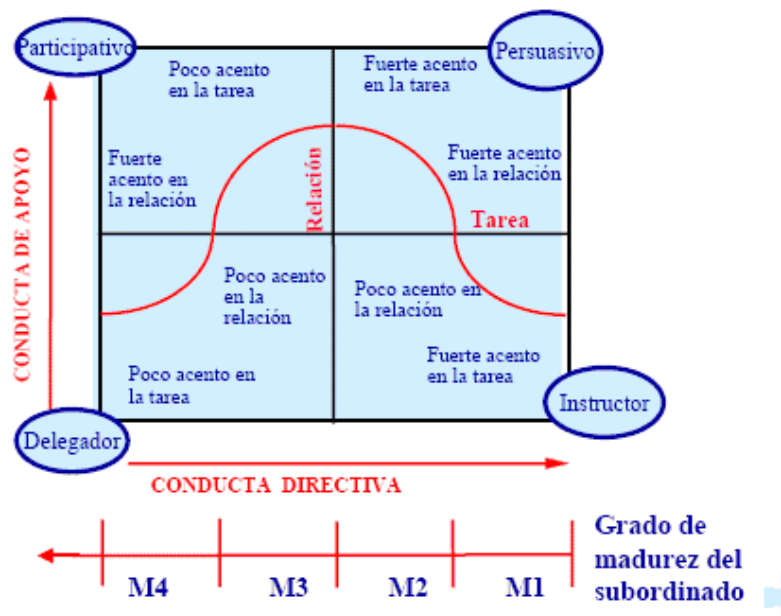


Figura 2. Modelo de liderazgo situacional

Test de Comunicación

Consta de 31 preguntas, las cuales son frases que deben ser calificadas con 1, 2, 3 ó 4 y que corresponden a “no muy exacta”, “ligeramente exacta”, “generalmente exacta” y “muy exacta” respectivamente. Estas frases van dirigidas a diversas formas de comunicación y hacia distintos tipo de personas, incluyendo comunicación usando el lenguaje como comunicación gestual y con movimientos corporales.

La forma de evaluar, consiste en sumar todos los puntos obtenidos en cada una de las 31 preguntas, si ésta suma es mayor a 80 puntos se considera a la persona como buena comunicadora, con control sobre sus palabras y entendimiento de la de los otros. Mientras una persona con una puntuación menor a 80 tiene dificultades para entender a los demás, además de usar una comunicación que no agrada a su entorno.

CONFORMACIÓN DE LOS GRUPOS

Una vez se han realizado los tests a cada uno de los n estudiantes, los resultados obtenidos deben ser almacenados en una matriz donde cada fila corresponde a un estudiante, siendo la primer columna su identificador, y las 3 restantes la medición de las 3 características: inteligencia, comunicación y liderazgo.

El siguiente paso es escalar estos datos 0 y 1, esto con el fin de que sean comparables. En el caso de las medidas de inteligencia y comunicación se divide cada medida por el máximo que puede obtenerse. En el caso del liderazgo por tratarse de una medida con dos valores y donde uno de ellos es categórico se debe discretizar dicho valor.

Una vez se tiene esta información se procede al calcular la medida general del grupo total, entendida como el promedio para los n estudiantes de estos tres valores. Con esto se obtiene un vector como el presentado a continuación:

Promedio total = {0.65, 0.57, 0.43}

El objetivo buscado es lograr que cada uno de los grupos formados se parezca lo más posible a este promedio total. Es decir, si el grupo completo tiene por ejemplo en promedio una medida de IQ de 0.65, cada uno de los grupos debería, en promedio, acercarse a ése valor. La complejidad del problema radica en que esto debe hacerse de manera simultánea para las tres características, por lo que este problema puede ser considerado como de optimización multi-objetivo donde no necesariamente los objetivos van en el mismo sentido. Esto es, un grupo que en promedio tenga el mismo IQ que el promedio general, no tiene porque hacerlo respecto a las habilidades comunicativas o de liderazgo y viceversa. Esta particularidad hace que algoritmos clásicos de asignación en los que se ordena el grupo total y se va repartiendo en cada subgrupo de manera secuencial no sean adecuados para este problema (lo sería si se tratara de una sola característica). Una representación gráfica se presenta en la figura 3. En la parte superior se muestra el total de grupo, donde por ejemplo el IQ se categoriza en 3 valores mostrando los porcentajes correspondientes, las habilidades de comunicación en 2, y las de liderazgo en 4. En la parte inferior se muestra la conformación de g grupos a partir de ése grupo total, y puede observarse que cada uno es relativamente similar al general.



Figura 3. Resultado esperado con el algoritmo implementado

Para lograr que tal distribución sea haga lo mejor posible se decidió emplear un método de búsqueda heurística: los algoritmos genéticos [8].

El primer paso de este método consiste en generar una población inicial de individuos. En el contexto de los algoritmos genéticos, un individuo se entiende como una solución posible al problema, que puede representarse mediante una cadena de cromosomas. En el problema de interés, si se tienen n estudiantes y se desea conformar g grupos cada uno contendría alrededor de n/g integrantes, es decir, un individuo estaría determinado por n/g cromosomas y el orden en que estos se encuentren es lo que diferenciaría un individuo de otro. En el modelo propuesto cada individuo corresponde a una posible conformación de grupos y se representa como una matriz (a diferencia de lo que tradicionalmente se trabaja en algoritmos genéticos que son

vectores) donde la fila representa el grupo y las columnas los integrantes que lo componen. Así por ejemplo si se tiene un grupo total de 40 estudiantes y se desean formar 5 grupos, cada uno contendría exactamente 8 estudiantes. En este caso un posible individuo podría ser como se presenta en la tabla 1. En esta tabla se muestra la conformación más trivial: asignar cada integrante de manera secuencial según el identificador que tengan. Esto es, que los primeros 8 estudiantes pertenezcan al grupo 1, los siguientes 8 al 2 y así sucesivamente.

Tabla 1. Representación de un individuo

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40

Si bien esta conformación es válida, la idea de la población inicial es generar p individuos de manera aleatoria, pero usando la misma representación. Una vez generados se procede a calcular para cada uno una función de rendimiento que en este caso consiste en una medida de que tanto cada grupo se parece al promedio general. Para esto se calcula por cada individuo el promedio de las tres características para cada fila (cada grupo) y luego se resta en valor absoluto respecto al promedio total calculado al inicio:

$$FO_i = \sum |(Promedio\ grupo\ g - Promedio\ total)|$$

A ésta medida se le llamará Función Objetivo del individuo i . Así, el individuo con una menor FO será el mejor en cuanto a la distribución de los integrantes se refiere. Teniendo esto presente, la mejor solución que podría obtenerse sería un individuo con una FO igual a 0 que significaría que cada uno de los grupos formados son, en promedio, idénticos al grupo total, es decir, que se cumpliría con los dos objetivos buscados. Llegar a esto sin embargo es muy complejo dadas las particularidades del problema de agrupamiento descritas previamente.

Como otras heurísticas de optimización, los algoritmos genéticos parten de esta limitación y por ello se fundamentan en un proceso iterativo de búsqueda. En este caso, como siguiente paso se procede a generar una siguiente población por medio de 3 operadores genéticos: selección, cruce y mutación. El primero consiste en seleccionar los individuos más aptos, es decir con mejor FO para ser “clonados” (bajo el principio de sobre vivencia del más fuerte). El segundo consiste en generar “hijos” a partir de padres aptos. Esto se hace combinando las cadenas de cromosomas de dos padres diferentes de alguna manera, siempre y cuando el nuevo individuo sea válido, o sea que no tenga un mismo integrante en más de un grupo. El último consiste en la cambio de manera aleatoria de uno o más cromosomas de los individuos de la nueva generación (bajo el principio que dichos cambios pueden ser favorables). Los individuos a mutar, al igual que los cromosomas que mutan son seleccionados de manera probabilística

El algoritmo continúa de esta manera hasta que se alcance un valor deseado de FO (cerca a cero) o hasta que se produzcan k generaciones esperando que cada vez se encuentren individuos mejores

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para validar el modelo propuesto se realizaron los tests descritos previamente a un curso de 135 estudiantes del curso “Fundamentos de programación” impartido a todos los programas de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Posteriormente se asignó un trabajo grupal con la siguiente dinámica: se conformaron grupos de 5 estudiantes, a cada grupo se le asignó el mismo trabajo sobre el tema de condicionales e iteración definida, el trabajo consistía en dos problemas que cada estudiante debía resolver individualmente y posteriormente discutir con los demás integrantes del grupo para definir una solución grupal que debían entregar. Tal solución para cada uno de los dos ejercicios podía ser la de algún individuo particular o una diferente que formularan entre todos. Cada grupo debía entregar las soluciones finales así como las individuales (esto último simplemente para validar la participación de todos).

La distribución de los 135 estudiantes en los grupos de trabajo se realizó de la siguiente manera: 9 grupos se conformaron empleando la metodología propuesta, 7 grupos se conformaron de manera completamente aleatoria y los restantes 11 se conformaron permitiendo que los estudiantes eligieran sus compañeros.

Cada trabajo entregado fue evaluado asignándole un valor cuantitativo entre 0 y 5 sin que el docente conociera de cuál de los 3 tipos de grupos provenía para evitar una evaluación sesgada.

Posterior a este trabajo grupal se realizó una prueba individual (primer examen parcial del semestre) en la que se evaluaron los mismos conceptos. Dicha prueba también fue calificada con un valor cuantitativo entre 0 y 5, pero esta vez los evaluadores fueron diferentes al docente del curso.

Antes de describir los resultados obtenidos por los diferentes grupos en las dos evaluaciones, se presenta a continuación algunos detalles de la implementación del algoritmo genético propuesto. Para el experimento descrito el número posible de combinaciones que podrían presentarse (agrupamientos diferentes) para los primeros 9 grupos sería de:

$$\binom{45}{5} = \frac{45!}{(45-5)!*5!} = 1'221.759$$

Para el primer operador genético, la selección, se definió que el 40% de individuos de la población se clonaría a la siguiente. La escogencia de los individuos (sin reemplazo) se realizó de manera aleatoria aunque proporcional a las funciones objetivos, es decir, que los individuos más aptos tienen mayor posibilidad de clonarse a la siguiente generación.

El operador de cruce se aplicó al 60% restante de los individuos escogiendo de a dos padres con el mismo criterio

de la selección. Cada dos padres producen dos hijos utilizando el operador C1 [11], el cual escoge un punto de cruce entre los cromosomas de los padres, combina el primer segmento del primer padre con el segundo segmento pero en el orden en que aparezcan en el segundo padre y viceversa.

El operador de mutación se aplicó a toda la población de cada generación con una probabilidad de mutación de un individuo de 0.2 y una probabilidad para cada cromosoma de 0.15.

Para cada generación se definió un número de individuos de 80 y el criterio de parada del algoritmo fue hasta que se obtuviera un valor de la FO inferior 0.01 o hasta alcanzar 1000 generaciones. Bajo estos parámetros la ejecución del algoritmo programado en Java tardó 5.2 segundos en un computador con procesador Intel Core 2 Duo de 2.4Ghz y 2Gb de RAM y el mejor individuo obtenido (una de las 1'221.759 alternativas) tuvo una FO de 0.02126.

Ahora, respecto a la diferencia en el rendimiento de los 27 grupos, el resumen de las evaluaciones obtenidas se presenta en la tabla 2. Las filas representan los 3 tipos de agrupaciones: grupos heterogéneos conformados con la metodología propuesta, grupos conformados aleatoriamente y grupos conformados libremente por los mismos estudiantes. La primera columna presenta el número total de estudiantes en los grupos, la segunda y tercera presentan el promedio y desviación estándar de la evaluación obtenida en el trabajo grupal, mientras que la cuarta y quinta presentan el promedio y desviación estándar pero de la evaluación individual posterior.

Tabla 2. Resumen de los resultados del experimento

	#	Trabajo grupal		Evaluación individual	
		Prom	DesvEst	Prom	DesvEst
Heter.	45	4,53	0,53	4,17	0,71
Aleat.	35	4,28	0,53	4,06	0,56
Auto.	55	4,10	1,04	4,12	0,65

Para determinar si se produjo una diferencia significativa en el trabajo grupal entre los 3 tipos de grupos se realizó una prueba de hipótesis de la siguiente manera:

H_0 : las medias son iguales

H_1 : las medias son diferentes

Empleando para esto el estadístico t para la comparación de dos muestras independientes calculado a partir de la fórmula:

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)\hat{S}_1^2 + (m-1)\hat{S}_2^2}{n+m-2} \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m} \right)}}$$

Al comparar los grupos heterogéneos con los aleatorios se obtuvo un valor de este estadístico de 2,09295 y un correspondiente valor P de 0,0396042. Como este valor es menor que 0.05 se puede decir, con un nivel de significancia del 95% que se rechaza la hipótesis nula a favor de la

hipótesis alterna, es decir, que las medias son diferentes con una diferencia de 0,25 a favor de los grupos heterogéneos.

Al comparar los grupos heterogéneos con los conformados libremente se obtuvo un valor del estadístico t de 2,51743 y un correspondiente valor P de 0,013443. Como este valor es menor que 0.05 se puede decir, con un nivel de significancia del 95%, que las medias son diferentes con una diferencia de 0,43 a favor de los grupos heterogéneos.

Finalmente, al comparar los grupos aleatorios con los conformados libremente se obtuvo un valor del estadístico t de 0,947307 y un correspondiente valor P de 0,346076. Como este valor no es menor que 0.05 se puede decir, con un nivel de significancia del 95%, que se acepta la hipótesis nula, es decir, no se puede decir que las medias sean diferentes. Nótese sin embargo que hay una diferencia de 0,18 en la media a favor de los grupos aleatorios lo cual fue una sorpresa. Esto pudo deberse quizá a que dichos grupos fueron impuestos y tal condición pudo presionar más a los estudiantes de esos grupos comparados con los que fueron elegidos libremente.

Ahora, al hacer la misma prueba de hipótesis pero para el caso de la evaluación individual posterior se obtuvo que en ninguna de las tres comparaciones se rechazó la hipótesis nula, es decir, no hubo evidencia para determinar una diferencia entre las medias. Nótese sin embargo que hay una diferencia de 0,11 a favor de los grupos heterogéneos conformados con la metodología propuesta respecto a los conformados aleatoriamente, así como una diferencia de 0,05 respecto a los conformados libremente.

Finalmente, y con el objetivo de brindar alguna conclusión respecto a la bondad del aprendizaje colaborativo, se hizo la comparación de los resultados obtenidos en la evaluación individual de los 135 estudiantes que participaron en el experimento frente a otro curso de 135. La media y desviación estándar para el primer caso fueron 4,25 y 0,83 respectivamente, mientras que para el segundo fueron 3,45 y 1,25. El valor del estadístico t considerando estos valores es de 6,19485 con un correspondiente valor P de 2,18703E-9 con lo cual se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza del 99%. Si bien en esta comparación la diferencia de medias es muy significativa y la prueba de hipótesis es contundente, es necesario hacer la aclaración de que no es evidencia suficiente a favor del aprendizaje colaborativo pues su realización no fue la única diferencia entre los dos cursos de 135 estudiantes dado que los docentes eran diferentes (los conceptos impartidos así como los recursos disponibles: guías de clases, ejercicios, talleres, etc., sí fueron los mismos).

CONCLUSIONES

Dentro del contexto del aprendizaje colaborativo, el modelo presentado en este artículo pretende ser un aporte importante por cuanto ataca uno de los puntos fundamentales y que han sido menos desarrollados: la conformación de los grupos de trabajo. En este problema específico esta propuesta apunta a que los grupos obtenidos sean lo más homogéneos entre sí (que se asemejen en la medida de lo posible a las características generales del grupo total), pero que tengan en cuenta la heterogeneidad al interior de cada uno. Para lograr

esto el modelo se compone de dos partes. Primero considera tres habilidades básicas de los estudiantes: nivel académico (o una aproximación al nivel de conocimientos/aptitudes requeridas para el dominio de conocimiento), comunicación y liderazgo, proponiendo tests específicos para medirlos. Segundo emplea algoritmos genéticos definiendo una función objetivo para cada individuo (un agrupamiento posible) considerando el agrupamiento como un problema de optimización multiobjetivo.

De los resultados obtenidos por medio de un experimento controlado para un curso básico de ingeniería pueden resaltarse principalmente tres conclusiones. La primera se refiere al método de conformación de grupos mediante los algoritmos genéticos, el cual demostró ser muy eficiente en el sentido de generar grupos de trabajo con las características buscadas. La segunda es que se demostró por medio de un experimento controlado que los grupos heterogéneos generados con la metodología propuesta produjeron mejores resultados frente a alternativas tradicionales de conformación como son la repartición aleatoria y la auto conformación. Una última conclusión mucho más general, pero que sin embargo no puede inferirse directamente del experimento realizado, es que el aprendizaje colaborativo (independiente de la metodología de conformación de grupos) parece ser efectivo para propiciar el aprendizaje de los estudiantes, conclusión que está en concordancia con los postulados de muchos autores al respecto.

Como trabajo futuro se espera repetir en nuevas ocasiones el experimento descrito. En una de esas ocasiones se espera emplear calificaciones previas de los estudiantes para medir posteriormente no solo el resultado del trabajo en grupo como tal, si no el resultado que dicho trabajo tiene por ejemplo sobre los estudiantes de bajo rendimiento.

Otro trabajo pendiente es incorporar otras características de los estudiantes como edad, género, programa académico (en caso que se trate de un curso magistral, visto por varios programas), entre otros. Si bien estos aspectos no necesariamente tienen incidencia con el aprendizaje colaborativo, si han sido objeto de estudios de varios trabajos [2, 3, 10]. Otras características que sería interesante considerar, dado que se tiene la hipótesis y que tiene una relación directa con el desarrollo del trabajo, son aspectos emocionales como la empatía entre los estudiantes, el nivel de motivación, la personalidad, etc.

REFERENCIAS

- [1] Ariza A. Oliva S. 2003. Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación y una propuesta para el trabajo colaborativo. IV Congreso Iberoamericano de Informática Educativa.
- [2] Bekele, R. 2005. Computer-Assisted Learner Group Formation Based on Personality Traits. PhD Dissertation, University of Hamburg.
- [3] Bradley, J. H., and Herbert, F. J. 1997. The effect of personality type on team performance. *Journal of Management Development*, 16. 337-353.

- [4] Calzadilla M. 2000. Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación. *Revista Ibero Americana de Educación*.
- [5] Hersey, Blanchard. 1982. *Management of organizational behavior: Utilizing human resources*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- [6] Hersey, Blanchard y Hambleton. 1977. *Contracting for leadership style: A process and instrumentation for building effective work relationships*. Escondida, CA.
- [7] Huxland, M., & Land, R. 2000. Assigning students in group projects: Can we do better than random? *Innovations in Education and Training International* 37(1), 17–22.
- [8] Koza, J.R., 1992. *Genetic Programming. On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*, The MIT Press.
- [9] Krejins, K., et al. 2002. The sociability of computer-supported collaborative learning environments. *Educational Technology and Society*. 5(1): 26-37.
- [10] Martin, E., & Paredes, P. 2004. Using learning styles for dynamic group formation in adaptive collaborative hypermedia systems. *Proceedings of International Conference on Web Engineering - ICWE, Munich, Germany*.
- [11] Reza, S. and Saghafian, S. 2005. Flowshop-scheduling problems with makespan criterion: a review. *International Journal of Production Research*, Vol. 43, No. 14 , 2895–2929.
- [12] Zurita, G., & Nussbaum, M. 2004. MCSCL: Mobile Computer Supported Collaborative Learning, *Computers & Education*, 42 (3) 289-314.