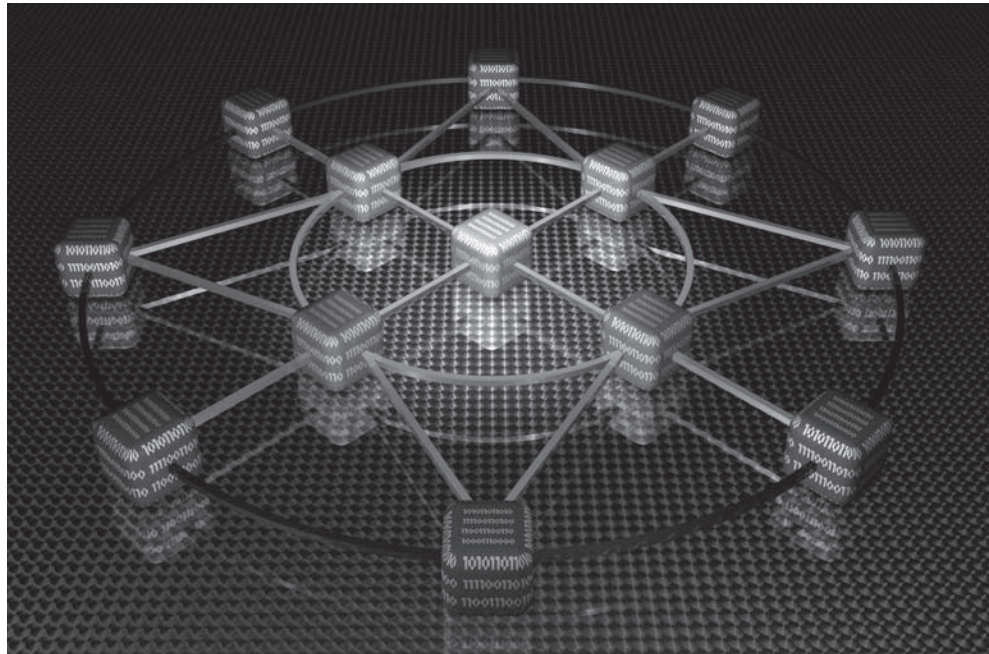


# Comportamientos emergentes en la solución distribuida de problemas colectivos: una aproximación desde la educación

*Diana Marcela Posada\**



## Resumen

El presente artículo tiene como objetivo principal caracterizar los comportamientos que emergen de un colectivo de individuos en la solución distribuida de problemas, teniendo como espacio de interacción, el aula de clase en una escuela primaria. La cognición distribuida y la solución distribuida de problemas son los constructos que guiarán la caracterización de lo emergente en el colectivo. En cuanto a lo metodológico, los juegos de construcción de equipo y el diseño de experimentos son los artefactos de mediación que permitirán identificar patrones de interacción, cómo el sistema multiagente lleva a cabo reconfiguraciones y logra resultados, y cómo el colectivo identifica elementos de la solución distribuida de problemas (coherencia – modularidad) entre otros. Finalmente, como resultado se caracterizan cinco comportamientos emergentes de la solución distribuida de problemas relacionados con los componentes de ésta como la coherencia, la modularidad, y competencia.

**Palabras clave:** cognición distribuida, solución distribuida de problemas, emergencia en sistemas multiagente, formación de equipo.

Recibido: 12 septiembre de 2012

Aceptado: 20 Noviembre de 2012

\* Magister en Educación y licenciada en Inglés (LE), docente investigadora de la Universidad Antonio Nariño.

## Abstract

This article aims to characterize emergent behaviours in a group of students whilst solving problems collectively within a classroom at a public school. Distributed cognition and distributed problem solving are the main constructs that lead the characterization of the emergency inside a group of people. Related to the methodology, team-building games and experiments design are the meditational artefacts used to identify interaction patterns and explain how the multiagent system carries out reconfigurations and reaches results, as well as, how the system identifies elements in the distributed problem solving, such as, coherence or modularity among others. Lastly, the results show five emergent behaviours in the process of solving problems collectively which are associated with its main components: coherence, modularity and competence.

**Keywords:** distributed cognition, distributed problem solving, emergency in multiagent systems, team-building activities.



## Transferencia a la práctica

En el campo educativo, ésta perspectiva puede brindar grandes ventajas y desarrollo en la dinámica de las clases, tomando en cuenta que el salón de clases es un espacio de interacción por naturaleza, donde varias personas se reúnen a trabajar juntos para lograr comprender diferentes fenómenos de la vida y la sociedad. Se plantea un cambio en los roles y visiones de los participantes en el proceso educativo, especialmente profesor y estudiantes, donde aquel con más experiencia guía a los grupos en el descubrimiento de las respuestas de los fenómenos estudiados, mientras que los integrantes del colectivo distribuyen su inteligencia con los demás miembros y artefactos con los cuales interactúan. La educación deja de ser una actividad centrada en el individuo y se transforma en una actividad social.

## Transfer to practice

In the field of education, this perspective can provide great benefits and development in the dynamics of classes, taking into account that the classroom is an area of interaction by nature, where several people gather to work together to achieve understand different phenomena of life and society. It raises a change in the roles and visions of the participants in the educational process, especially teacher and students, where one with more experience guide to groups in the discovery of the responses of the phenomena surveyed, while the members of the collective distributed its intelligence with other members and artefacts with which interact. The education ceases to be an activity focused on the individual and becomes a social activity.

## Introducción

---

A lo largo de la historia, las investigaciones y temas al interior de las ciencias cognitivas se han concentrado en el estudio de los procesos psicológicos y representaciones del carácter individual, es decir, centrado en un sujeto y no en un grupo de sujetos, al interior de su mente. Sin embargo, en años recientes, un nuevo componente en el estudio de la mente ha generado una revolución en la concepción de mente: la exteriorización de la mente más allá del cuerpo humano y su inmersión en un contexto -donde interactúa con otros elementos también cognitivos- propone la idea que la inteligencia humana no se ubica en un lugar definido (cerebro), sino que está distribuida entre los diferentes agentes y artefactos con los que interactúa.

Teniendo en cuenta lo anterior, varias investigaciones en el tema de la cognición distribuida han sido desarrolladas en los últimos años, por ejemplo, Hutchins, E (1995) y sus investigaciones en una cabina de vuelo y mando de un barco; Salomon, G (1993) con sus aportes iniciales al área de la educación; y Weiss, G (1999) desde la perspectiva de la inteligencia artificial distribuida. Estos autores, a pesar de contribuir enormemente en la comprensión de esta nueva teoría, no han profundizado como se desearía en el campo educativo, en donde se

cree puede favorecer las prácticas pedagógicas asumiendo que la relación entre estudiantes y profesores toma lugar en un espacio, en el cual se generan interacciones con los elementos mediadores presentes en ese contexto, y que estos a su vez también poseen características cognitivas que influyen el tipo de aprendizaje y enseñanza al interior del aula. Desde esta perspectiva se han desarrollado escasas investigaciones en contextos educativos, un ejemplo de estas es la de Luna, O (2007) quien caracterizó diferentes aspectos (modularidad, coherencia y competencia) en la solución colectiva de problemas en sistemas multiagente, para este caso un grupo de estudiantes.

De esta forma, el componente creativo e innovador de esta investigación, consiste en aportar teóricamente en el campo de la educación desde la perspectiva de la cognición distribuida, teniendo la solución de problemas distribuida como marco de interacción entre agentes y estrategia pedagógica, para generar un cambio en las dinámicas del salón de clase definido éste, como una red de interacciones entre diferentes agentes (estudiantes, profesores, comunidad, reglas y artefactos mediadores) que buscan aprender colectivamente dejando a un lado la concepción de que el aprendizaje no requiere del otro.

## Esquema de fundamentación teórica

---

### Cognición distribuida: estado del arte

Al rastrear los orígenes de la cognición distribuida se encuentra como primer representante a Wilhelm Wundt, padre de la psicología científica, quien estudió el conocimiento reunido históricamente y organizado culturalmente, presumiendo que los procesos psicológicos correspondientes a la estimulación externa se desarrollaban dentro de la cabeza del individuo. Asimismo, se interesó por las funciones

psicológicas superiores, estudiadas por las ciencias descriptivas. Este autor, sustentaba que estas funciones necesitaban recursos cognitivos complementarios que se deben hallar en los medios socioculturales y desarrollar en la cabeza. Posteriormente, Hugo Munsterberg, padre de la psicología aplicada, objetaba que el conocimiento solo se produce en la cabeza, sino también en los elementos objetivos de la comunicación entre los individuos (Cole, M en Salomón 1993).

Posteriormente con el desarrollo de la escuela histórico – cultural Rusa a comienzos de siglo XX, se encuentran autores sobresalientes como Leontiev (en Cole, M 1993), Luria (en Cole, M 1993) y Vygotsky (en Cole, M 1993). Luria sostenía que el hombre puede hacer y emplear herramientas, las cuales producen cambio en su condición psíquica. Del mismo modo, planteó la estructura básica de la cognición humana que resulta de la mediación instrumental representada por la figura 1.



**Figura 1.** Estructura fundamental de la cognición humana

El triángulo describe la estructura fundamental de la cognición humana, pero no da cuenta de la naturaleza colectiva de la actividad humana. Por esta razón, Engestrom (en Salomón 1993) amplió el triángulo fundamental de la mediación donde incluyó la comunidad, las reglas y la división del trabajo negociada entre los que participan en el sistema de actividad, los cuales suministran un mapa conceptual de los principales lugares en donde está distribuida la cognición humana.



**Figura 2.** Naturaleza distribuida de la cognición humana.

Al igual, Luria y Vygotsky aspiraron a crear una psicología unitaria cuyo núcleo sería la mediación cultural, y de allí, el supuesto de que la cognición es un fenómeno distribuido, porque ésta crea una estructura universal de la mente humana, y a su vez modifica el ambiente y al sujeto.

Por otra parte, Valsiner, J (2000), desde la antropología y la sociología moderna, departió sobre el conocimiento y las formas de pensamiento afirmando que no están distribuidas de manera uniforme en el cerebro, y que la actividad que se da al interior de éste, es influenciada por la estructura de los acontecimientos, en los cuales la persona participa en aspectos simbólicos y sensibles. Adicionalmente, Batenson, G (2000) hablaron de cómo se distribuye la mente mediante herramientas que interactúan con el mundo, y ésta a su vez depende de los objetivos del sujeto, los cuales constituyen contextos que contribuyen a la distribución de la cognición humana. Por otro lado, Schwartz, N (2000) propuso que el conocimiento se distribuye entre las personas, generaciones y ocupaciones, donde éste es necesariamente un fenómeno distribuido, a través de la aplicación y adquisición entre las interacciones cotidianas de los hombres.

Recientemente, Hutchins, E (1995 – 2000) mostró como las herramientas para realizar tareas cognitivas complejas comprendían el trabajo conjunto de varias personas. Hutchins, E hace especial énfasis en que la mente es algo que no le pertenece al individuo exclusivamente, sino que sobrepasa estos límites situándola como un fenómeno social y cultural.

### Cognición distribuida y educación

La cognición distribuida implica una división de la carga cognitiva entre la mente del individuo y la actividad misma, los recursos y el contexto, a la vez que ésta se extiende y permea todos estos elementos. Para Brown, Ann y otros (en Salomón, G 1993) el aprendizaje

o métodos de conocer, están íntimamente ligados al contexto y situaciones donde toman lugar. De igual manera, el aprendizaje también se ve influenciado por las relaciones que establecen los individuos unos con otros a través de la participación. Esto implica que el aprendizaje y la apropiación de conocimiento no son responsabilidad exclusiva del maestro, o la capacidad cognitiva del estudiante, sino que el contexto en el cual estos actores interactúan, también ejerce una gran influencia en el proceso de aprendizaje.

Para Vygotsky en Brown, Ann y otros (1993), el proceso de aprendizaje de un individuo se da al interior de la zona de desarrollo próximo (ZDP), que implica la interacción del estudiante con el contexto inmediato alrededor de él. Este contexto contiene elementos de ayuda y soporte para el proceso de aprendizaje tales como: profesores, compañeros, libros, computadores, etc. Esta interacción entre estudiantes y su zona de desarrollo próximo constituida por el profesor, compañeros y demás recursos académicos, genera nuevos tipos de relaciones entre estos actores cambiando sus roles y visiones dentro del proceso de aprendizaje.

Por un lado, el maestro deja de ser el poseedor del conocimiento exacto e indiscutible que se transmite a través de clases, donde el profesor es quien tiene mayor participación del discurso, para transformarse en un modelo de “practicante o aplicador” de conocimiento, que lleva la teoría a la práctica en el salón de clases frente a los estudiantes. De esta forma, el maestro muestra cómo el conocimiento

visto tiene una aplicación por parte de él, lo cual genera que los estudiantes puedan apreciar las estrategias que el profesor usa en su propio proceso de aprendizaje, motivando a los estudiantes a hacer práctico el conocimiento teórico.

Por otro lado, los estudiantes dejan de ser receptores pasivos de información y se transforman en constructores de su propio conocimiento por medio de la práctica. Esto genera colaboración con otros estudiantes, a través de una relación dialógica donde se respetan las opiniones del otro, ya que ese otro puede ser poseedor de cierto grado de experticia en el tema o subtema a tratar. Asimismo, de concebir una responsabilidad individual en cada uno de los miembros del grupo, porque cada individuo es poseedor de una parte del conocimiento necesario para la solución de algún problema colectivo.

### Solución distribuida de problemas

La solución colectiva (o distribuida como se le conoce en la teoría de Inteligencia artificial) de problemas en sistemas integrados por más de un individuo o agente, se centra en la consecución de un trabajo colaborativo y distribuido por parte de los individuos. En ésta tarea un solo individuo no posee la habilidad de cumplir a cabalidad su propia tarea o mejorarla, mientras que si lo logra cuando lo hace trabajando con otros. Esto implica que existen tareas o problemas que una sola persona no puede desarrollar o solucionar, bien sea por falta de conocimiento, de tiempo en su ejecución, o porque sobrepasa los límites de sus habilidades (Durfee, E en Weiss, G 1999).

De acuerdo a Durfee, E (en Weiss, G 1999) existen dos requisitos para la resolución colectiva de problemas: Primero, la *coherencia* definida como la necesidad que tienen los individuos de trabajar juntos, que en cierta medida está presente de manera implícita en la presentación del problema. De igual manera, Luna, O (2007) complementa esta definición al

**La cognición distribuida implica una división de la carga cognitiva entre la mente del individuo y la actividad misma, los recursos y el contexto, a la vez que ésta se extiende y permea todos estos elementos.**

caracterizarla como una propiedad emergente del sistema que tiene su origen y sustento en el aporte individual de cada agente. El segundo requisito es la **competencia**, precisada como la necesidad que tiene los individuos de conocer cómo trabajar juntos. Para Luna, O (2007) cada individuo debe estar en condiciones de resolver parte del problema asignado. Se deriva, entonces, que para un colectivo de agentes, la forma de trabajar sobre un problema que sobrepasa las habilidades individuales de cada uno de sus miembros, requiere que cada uno de ellos tenga un conocimiento mínimo sobre la posible solución. Al respecto se puede decir que cada agente desde sus experiencias y conocimiento previos, posee cierto nivel de experticia inicial que al combinarse con los aportes de otros agentes, generan un conocimiento emergente grupal que cumplirá con los requisitos demandados por el problema.

Un tercer elemento surge, no desde los individuos sino del problema mismo, que es la **modularidad**. Para Luna, O (2007) esta característica se evidencia cuando el problema a solucionar se puede descomponer en partes o subtareas que los agentes trabajan distribuidamente para luego articularlas y dar solución al problema. Al trabajar sobre problemas de solución distribuida, el colectivo de agentes dividirá tareas y roles de distintas maneras, que de otra forma un simple individuo no ejecutaría a tiempo.

Adicionalmente a estas tres características, existe otro aspecto importante en la solución colectiva de problemas, que se encuentra en el centro de este proceso, es la **planeación de la distribución**. Esta característica alojada en el proceso de solución, plantea por sí misma un problema que debe ser solucionado por todos los integrantes del grupo. A través de esta planeación es que se logra la descomposición del problema en sub-problemas o subtareas.

De esta forma, la solución colectiva o distribuida de problemas, propone una nueva perspectiva a los procesos que las personas desarrollan para encontrar soluciones a situaciones cuyas características y entornos



integran elementos externos a la mente de un sujeto, demandando de éste el desarrollo de habilidades cognitivas, más allá de procesos individuales, proponiendo unos de corte social y colectivo.

### **Estrategias para resolver problemas distribuidamente**

Para Durfee, E (en Weiss, G 1999) existen varias formas de resolver un problema colectivamente, sin embargo, las dos más recurrentes en los grupos son la distribución de la tarea y la distribución de los resultados. Para la **distribución de la tarea** este autor presenta cuatro pasos esenciales para efectuar esta estrategia por cualquier grupo de individuos:

- *Descomposición de la tarea:* descomposición de la tarea en sub-tareas para saber que tareas pueden ser asignadas a que individuo.
- *Adjudicación de subtareas:* una vez identificadas las sub-tareas se pasa a identificar el individuo apropiado e idóneo para cada una.
- *Cumplimiento de las tareas:* cada individuo lleva a cabo su propia sub-tarea siendo necesario algunas veces una descomposición más exhaustiva de la misma.
- *Síntesis de resultados:* una vez solucionada la sub-tarea cada individuo pasa sus

resultados al individuo que originalmente propuso el problema.

Desde este enfoque, el trabajo distribuido se aprecia de mejor manera, ya que al hacer la descomposición y adjudicación de tareas o subtareas, los individuos construyen conocimiento colectivamente generando un fenómeno emergente a través de la interacción con el conocimiento del otro, pues la producción del grupo superará lo procedente de un individuo.

Respecto a la segunda estrategia (**distribución de resultados**) Durfee, E (en Weiss 1999) la caracteriza como una situación en la cual cada individuo desarrolla por su propia cuenta una tarea asignada, semejante o igual a la de otros individuos. Al tener varias soluciones a un mismo problema y combinarlas, se mejora el rendimiento del grupo paralelamente a través de las siguientes formas:

- **Confianza:** cuando los individuos comparten sus resultados parciales o definitivos también los corroboran creando un resultado colectivo con alta probabilidad de ser correcto.
- **Integridad:** cada individuo propone una solución a la sub-tarea asignada, que al ser combinada con otras de otros individuos generan una visión más completa del problema.
- **Precisión:** cuando los individuos solucionan las mismas sub-tareas y comparten sus resultados, refinan los propios.
- **Puntualidad:** el trabajo en grupos propicia una solución más rápida del problema y sub-problemas.

Para que la distribución de resultados sea efectiva y se lleve a cabo, los individuos deben cumplir con dos requisitos. En primer lugar, los participantes en la solución del problema necesitan saber qué hacer con los resultados, es decir, a quién, cuándo o cómo pasarlos. En segundo lugar, cada individuo debe ser selectivo con la información de sus resultados a compartir, ya que, el comunicar demasiada

información, genera retrasos en la comunicación entre individuos, que a la vez afecta el rendimiento del grupo para cual Durfee, E (en Weiss, G 1999) propone dos estrategias de comunicación para el intercambio de información sobre los resultados. Por un lado, cada individuo puede compartir todos sus resultados a otros agentes que requieren de estos para continuar o iniciar sus procesos. Por otro lado, cada individuo puede enviar únicamente resultados parciales tan pronto como los obtenga. Desde este punto de vista, se propone un trabajo individual centrado en la solución de un mismo problema, el cual será resuelto, permitiéndole al individuo una exploración personal de sus habilidades para la solución de problemas, las cuales se compartirán con el resto del grupo con el fin de crear un conocimiento colectivo nuevo.

### Aprendizaje en sistemas multiagente

Una vez revisados los dos principales constructos teóricos (cognición distribuida y solución distribuida de problemas) es necesario examinar cómo el sistema multiagente lleva a cabo el proceso de aprendizaje. El interés particular del aprendizaje en sistemas multiagente, hace relación a la inteligencia artificial distribuida y



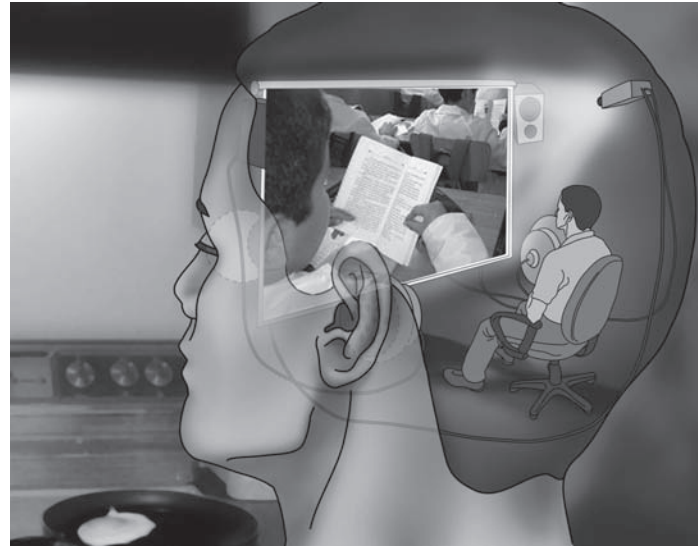
el aprendizaje mecánico. De acuerdo a Weiss, G (1999) estos sistemas están entendidos como un acto complejo el cual es largo, abierto y dinámico, con ambientes impredecibles. Asimismo, el aprendizaje no es la suma de actividades de aprendizaje aislado de muchos agentes, porque éste es influenciado por retrasos, aceleraciones y redirecciones hechas por otros agentes que aprenden distribuidamente e interactúan coherentemente. Al igual, estos sistemas reconocen dos categorías principales de aprendizaje: centralizado y descentralizado.

- **Aprendizaje Centralizado:** o independiente, hace referencia a un proceso de aprendizaje realizado en todas sus partes por un solo agente, el cual no requiere interacción con otros, logrando una independencia entre los agentes.
- **Aprendizaje Descentralizado:** o interactivo, en donde todos los agentes están comprometidos en el mismo proceso de aprendizaje, y las actividades son realizadas por diferentes agentes capaces de realizar tareas particulares. Adicionalmente, los objetivos de aprendizaje son persuadidos por grupos diferentes o idénticos.

Es importante tener en cuenta que el agente algunas veces estará inmerso en procesos centralizados y descentralizados de aprendizaje al mismo tiempo. Se decidió abordar el aprendizaje en esta investigación desde la segunda categoría dado su carácter distribuido e interactivo más semejante a la interacción al interior del salón de clase.

De acuerdo a Weiss, G (1999) para llevar a cabo el aprendizaje descentralizado por parte del sistema multiagente se pueden utilizar y/o combinar los siguientes enfoques:

1. **Enfoque de aprendizaje y actividad coordinada:** Se reconoce cómo los agentes operan de forma abierta, en ambientes dinámicos que demandan cambios y oportunidades. El agente designa organizaciones, reglas de comportamiento y mecanismos de protocolo. Asimismo, necesitan aprender acerca de otros agentes y adaptar comportamientos



basados en la dinámica y composición del grupo. Además, Weiss, G (1999) caracteriza dos refuerzos para este aprendizaje: Por un lado, *refuerzo del aprendizaje*, en el cual, los agentes resuelven un problema cuando ellos reciben un mensaje o información a través del ambiente y lo emparejan con algunas reglas de clasificación. La retroalimentación es recibida del ambiente y las fortalezas de un sistema de clasificación. Estas reglas son basadas en sistemas que se aprenden cuando se ajustan las reglas de fortaleza retroalimentadas por el ambiente. Adicionalmente, el ambiente del aprendiz puede ser modelado por el tiempo. Por otro lado, *Refuerzo simultáneo de aprendizaje*, en éste el refuerzo de las técnicas de aprendizaje es usado por los agentes para desarrollar acciones que le permitan optimizar la retroalimentación del ambiente, formando mapas entre las percepciones y las acciones. Al igual, el refuerzo de los enfoques de aprendizaje puede ser usado como una coordinación de técnicas para dominar la coordinación de esquemas no efectivos.

2. **Enfoque de aprendizaje de otros agentes:** El énfasis de aprendizaje está en la **cooperación** para lograr una tarea en común, donde los agentes aprenden de otros agentes y miran como el aprendizaje de



**El aprendizaje es visto como un método para reducir la carga de comunicación entre los individuos. También, la comunicación como aprendizaje, se relaciona con qué comunicar, es decir qué información es de interés para los otros agentes; cuándo comunicar y con quién comunicarse. De este modo, se reduce la comunicación con el aprendizaje a través de la distribución de tareas**

un agente puede ser influenciado por el de otros, lo cual genera la importancia de observar el comportamiento, preferencias, estrategias, intenciones y la interacción entre ellos. Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario que a los agentes se les asigne o tengan la oportunidad de elegir un rol con el fin de complementarse efectivamente los unos con los otros, lo cual implica que el aprendizaje aislado esté involucrado en un aprendizaje distribuido en el ambiente. Asimismo, Weiss, G (1999) caracteriza las siguientes implicaciones en este enfoque: Primero, *El aprendizaje de la organización de los roles (coordinación)*: Los agentes aprenden a adoptar un rol en una situación específica de forma cooperativa en la solución de problemas. Al igual, cada agente posee la capacidad de asumir varios roles en una situación. Lo que quiere decir que el objetivo del aprendizaje para un agente está en apropiarse del rol en la resolución del problema. Segundo, *Beneficios del ambiente o contexto*: Los agentes controlan y transfieren la información entre ellos para suplirla con lo que otros necesitan.

3. *Enfoque de aprendizaje y comunicación*: Sugiere la habilidad de los agentes para intercambiar información. El aprendizaje es visto como un método para reducir la carga de comunicación entre los individuos. También, la comunicación como aprendizaje, se relaciona con **qué** comunicar, es decir qué información es de interés para los otros agentes; **cuándo** comunicar y **con quién** comunicarse. De este modo, se reduce la comunicación con el aprendizaje

a través de la distribución de tareas. De igual modo, Weiss, G (1999) propone dos formas para mejorar el aprendizaje a través de la comunicación: Primero, el aprendizaje basado en un *bajo nivel de comunicación*, donde se dan simples respuestas a las interacciones con el propósito de intercambiar información, y segundo, el aprendizaje basado en *un alto nivel comunicativo*, que es más complejo en las interacciones comunicativas como la negociación, explicación mutua con la intención de unir y sintetizar partes de la información. Asimismo, se plantea la disminución de la comunicación con el aprendizaje a través de la distribución de tareas que consiste en tres elementos de las actividades: Primero, los agentes ejecutan tareas anunciadas, para las cuales necesitan un conocimiento adquirido para asignar tareas directamente. Segundo, los agentes solucionan un problema revisando si es desconocido o similar a un problema causado. Tercero, los agentes revisan si la solución de un problema es punto de partida para solucionar otro, mejorando el conocimiento mediante la comunicación.

### **Emergencia en sistemas multiagente**

En una primera aproximación, Luna, O (2007) describe la emergencia en sistemas complejos como una propiedad del todo, grupo o sistema multiagente que no puede encontrarse en las partes individuales o individuos. Asimismo, la emergencia vista desde el punto de vista del observador presenta dos formas. Por un lado, una emergencia débil, definida como la observación hecha por agentes externos al

sistema, siendo estos artificiales o personas. Por otro lado, una emergencia fuerte, en donde la observación de las características emergentes es hecha por los agentes que integran el sistema. A partir de estas dos clases de emergencia, en especial la última, se plantea que el sistema cobra conciencia de sí mismo y sus actividades aunque de distinta manera. Al obtener los datos desde un agente externo, la toma de conciencia en el sistema tardará más que cuando el sistema mismo reconoce las actividades que esta hace.

## Metodología

Para llevar cabo la implementación de la solución distribuida de problemas al interior del aula de clase se propone el uso de las actividades de formación de equipo (team-building activities) en combinación con el desarrollo de proyectos (experimentos) por parte de los estudiantes para lograr una combinación entre elementos de la vida cotidiana con elementos académicos. Respecto a las actividades de formación de equipo estas permiten solucionar problemas distribuidamente en contextos educativos, y de este modo, la cognición distribuida se evidenciara en el colectivo.

Igualmente, entre sus objetivos se encuentran: mejorar la comunicación y tomar decisiones colectivamente. De la misma manera, estas actividades se pueden aplicar a poblaciones de cualquier edad y sus ejercicios consisten en una serie de tareas destinadas a ser desarrolladas por los miembros del grupo mejorando su capacidad de trabajar eficazmente. El propósito de las actividades de formación de equipo, es asistir grupos en ser unidades coherentes de individuos que puedan trabajar juntos para completar tareas. Dentro de los componentes de una actividad de formación de equipo encontramos:

- *Instrucciones:* Introducir a los participantes las instrucciones para el ejercicio.
- *Actividad:* Es el ejercicio en sí, es decir cuando los participantes utilizan las

A partir de lo anterior, en la resolución de problemas colectivos, Luna, O (2007) plantea que la emergencia grupal se identifica con la competencia grupal, que es la necesidad de saber cómo trabajar juntos, demostrada por el sistema multiagente, en comparación con la competencia de cada uno de los integrantes o agentes del mismo, donde se identifica que la competencia individual mostrada por los agentes cuando trabajan en grupo, supera las competencias de los mismos al trabajar por su propia cuenta.

instrucciones y comienzan a participar en las actividades reales.

- *Reflexión:* Esta es probablemente la parte más importante de la actividad de formación de equipo, ya que el profesor cerrará el ejercicio con una revisión de la finalidad de éste y cómo el equipo la realizó. Además, es importante porque reitera y retroalimenta el propósito del ejercicio y mantiene a los participantes centrados en los resultados positivos de éste.

Conjuntamente, el desarrollo de proyectos ayuda a los estudiantes a trabajar cooperativa y distribuidamente en los temas de la clase logrando un proceso de aprendizaje mas dinámico, interactivo y participativo, en el cual los alumnos desarrollan comportamientos útiles (ver próxima sección) tanto para su vida escolar como para sus actividades en su contexto social.



Para esta intervención, se diseñaron tres actividades de formación de equipo y un experimento dividido en tres fases:

### Actividades de formación de equipo

1. **Código secreto:** Para esta actividad los grupos debe digitar (pisar) un código secreto en el menor tiempo posible que debido a su extensión es difícil para una sola persona memorizar.
2. **Tubería:** En esta actividad el equipo de transportar la mayor cantidad de pimpones de un punto A a uno B en el menor tiempo posible haciendo exclusivo de un pedazo de cartulina de 4x4 cms.
3. **A ojo cerrado:** En este juego los grupos de estudiantes divididos en dos grupos (unos con los ojos vendados y los otros no), toman posición frente a tres mesas con diferentes ejercicios en cada una. El objetivo es llevar

la mayor cantidad de pimpones o elementos de cada una de las mesas a un punto en común.

### Experimento y fases

1. **Fase 1:** el objetivo de esta primera fase es una exploración acerca de las concepciones que los estudiantes tienen sobre la caída de los objetos, representadas en las hipótesis creadas por ellos y su posterior demostración frente a los otros grupos. Una vez hecha la primera presentación, los grupos tendrán otra sesión para reconfigurar el experimento.
2. **Fase 2:** el objetivo de esta fase es reconocer por parte de los estudiantes y los colectivos, que el aire es un fluido cuya influencia es de gran importancia en la caída de los objetos. Adicionalmente, se busca que identifiquen más elementos de este fenómeno (volumen, masa-peso, gravedad, altura) y de esta forma comenzar a construir la modularidad del experimento.
3. **Fase 3:** el objetivo de esta fase es complementar las hipótesis realizadas introduciendo el fluido del agua y el concepto de volumen (forma) para llegar a un concepto más completo, en cual los grupos reconozcan y unan los componentes antes evidenciados.

**Las actividades de formación de equipo estas permiten solucionar problemas distribuidamente en contextos educativos, y de este modo, la cognición distribuida se evidenciara en el colectivo.**

### Resultados

A partir de las encuestas, diarios de campo, videos, cuestionarios y documentos se produjeron los siguientes resultados plasmados en las siguientes proposiciones teóricas.

1. **Proposición teórica 1:** *el juego como mediación ayuda a configurar experiencias en escenarios académicos en la solución colectiva de problemas.*

Los estudiantes realizaron tres juegos distintos y tres fases de un experimento que requerían dar solución a un problema

determinado. A lo largo de estos, se evidenció que los grupos seguían distintos patrones de organización o interacción entre sus miembros, que luego se repetían en el desarrollo de actividades académicas (fases del experimento) relacionadas con la solución colectiva de problemas. De esta forma, un colectivo de agentes, al trabajar sobre la solución a un problema de naturaleza cotidiana o académica configura patrones de interacción similares que a continuación se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Patrones de interacción en la solución distribuida de problemas

**2. Proposición teórica 2:** *Cuando el sistema se percibe y reconfigura asimismo, se afianza el concepto a través del rediseño de la solución inicial.*

Al desarrollar las actividades, tanto experimentos como juegos, los grupos tuvieron la oportunidad de repetir cada una de estas. Esto propició en los grupos la reconfiguración de sus experiencias, esperando el afianzamiento del concepto en los experimentos y la optimización de su desempeño en los juegos. De esta manera, los colectivos al finalizar la primera ronda se reunían para discutir sobre las fallas y aciertos que habían tenido en el desarrollo de la actividad, proponiendo nuevas estrategias para mejorar su desempeño tanto a nivel conceptual como de actuación.

Por un lado, en los juegos, las reconfiguraciones realizadas por los colectivos, les permitieron optimizar sus desempeños respecto a los primeros intentos. Para este caso, las reconfiguraciones evidenciaron altas competencias en los cambios de estrategias y roles al interior de cada grupo. Asimismo, les permitió fortalecer su planeación, comunicación, cooperación y coordinación. Por otro lado, en relación con los experimentos, se puede decir que, antes de la reconfiguración, algunos grupos tendían a errar en sus hipótesis y las posibles soluciones a estas, y después de reconfigurar en cada grupo, se generó una mejor competencia y afianzamiento del concepto.

**3. Proposición teórica 3:** *el sistema se modifica asimismo cuando rediseña la solución del problema, pero al interactuar con otros sistemas, emerge un nuevo concepto.*

Al interior de cada uno de los colectivos emergen ideas e hipótesis grupales para solucionar un problema que todos los miembros comparten y trabajan, de acuerdo al rol correspondiente, rediseñando la solución inicial para afianzar el concepto. Adicionalmente, cuando dos o más colectivos comparten sus soluciones, generan en todos los miembros del grupo en general, una emergencia colectiva enriqueciendo el concepto estudiado, del cual cada uno de los agentes se apropia.

Al comenzar los experimentos, los grupos reconocían algunos aspectos que influencian la caída de los objetos (peso-masa y gravedad), pero no sabían cómo eran las relaciones entre estos, por lo tanto, la mayoría de sus hipótesis tendían a errar como se demostró en la proposición teórica anterior.

Sin embargo, a través de la realización de los diferentes experimentos, estos preconceptos fueron evolucionando, y a su vez los colectivos identificaron más elementos del fenómeno y sus diferentes relaciones entre sí. Teniendo en cuenta lo anterior, al culminar las sesiones, se realizó un test final a los grupos con la misma pregunta, arrojando como resultado definiciones

más completas en las cuales se evidenció el reconocimiento de más elementos (forma, masa, fluido “aire-agua”) y sus diferentes conexiones para explicar la caída de los objetos.

**4. Proposición teórica 4:** *A mayor modularidad, el colectivo construye hipótesis cada vez más completas.*

La modularidad consiste en que un problema, por ejemplo ¿Cómo caen los objetos?, al estar compuesto de distintas variables (fluido, volumen, masa), requiere de un proceso en el cual se identifiquen sus partes por el colectivo, a través de diferentes actividades, para luego juntarlas y dar una solución integral incluyendo todos los componentes que lo explican.

La modularidad en los grupos, ayudó a que estos identificaran a través de cada experimento más elementos que influyen el fenómeno estudiado; lo cual les permitió a través del desarrollo de cada experimento, formular hipótesis incluyendo nuevas variables y sus relaciones entre sí. De esta forma, al final de las intervenciones, los estudiantes lograron solucionar el problema juntando las variables emergentes de los experimentos anteriores construyendo una comprensión integral. Como se

puede apreciar en la siguiente tabla, las hipótesis originadas en cada experimento comparadas con las previas, desplegaron más elementos integrándolos de manera tal que al abordar cada actividad, el colectivo tenía una visión más holística del fenómeno y creaban hipótesis mejor perfiladas.

**5. Proposición teórica 5:** *La solución distribuida de problemas permite al colectivo reconocer elementos de la coherencia.*

Al solucionar problemas que requieran solución distribuida, los agentes logran identificar diferentes aspectos de la coherencia, que luego podrán aplicarse en diferentes situaciones. De esta forma, la coherencia se manifestó en esta investigación en dos términos: **comunicación y cooperación**. Por un lado, la comunicación fue definida como una herramienta esencial para mediar ideas y acciones, permitiéndoles conocer más el uno del otro como personas respetándose mutuamente. Por otro lado, la cooperación se percibió como la necesidad de trabajar juntos tanto en el desarrollo de las actividades (físicas) como en la actividad intelectual (pensamiento), ya que las cargas cognitivas se distribuían de acuerdo a las fortalezas e intereses de los integrantes.

## Conclusiones



En primera instancia, cuando el colectivo se percibe asimismo, se origina una emergencia grupal fuerte, a través de la cual éste reconfigura la forma de resolver el problema, para mejorar el desempeño de una tarea a otra y genera un concepto nuevo el cual va a ser compartido por todos los integrantes del grupo. Del mismo modo, al reconfigurar la solución inicial, el grupo es consciente de su desempeño, como se pudo apreciar en los juegos y en las fases del experimento, en los que la mayoría de las veces se tendió a una competencia alta reflejada en las soluciones dadas a

los diferentes problemas y a las definiciones de cada uno de los integrantes. Sin embargo, si no hay un mínimo de cultura compartida (competencia), el grupo tenderá a errar, lo cual indica que la competencia en la solución distribuida de problemas está determinada por el nivel de reconfiguración que emerge del grupo, optimizando los procesos de comunicación, es decir, el nivel de comunicación influye sobre el rendimiento del colectivo porque los integrantes coordinan mejor sus actividades y funciones a través del lenguaje; en otras palabras a mayor competencia derivada de la reconfiguración, mayor será el afianzamiento del concepto y viceversa.

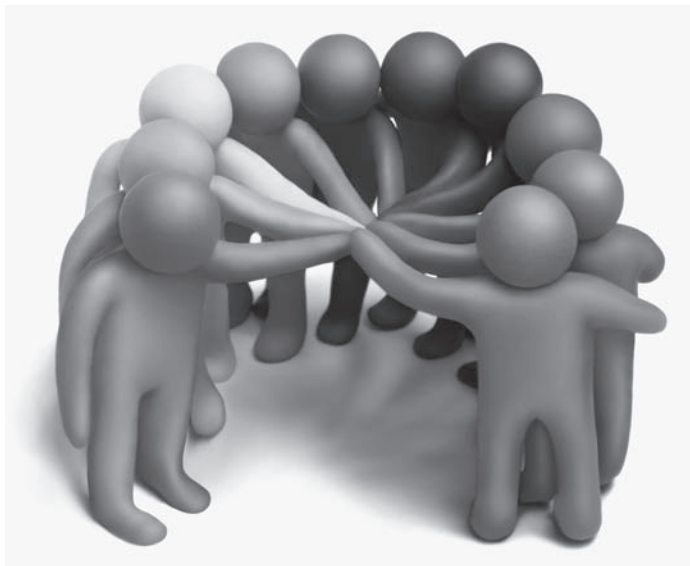
En segunda instancia, las actividades de formación de equipo (juegos), como elemento mediador permiten integrar varios elementos de la solución distribuida de problemas y la cognición distribuida de manera lúdica, a medida que ayudan a los estudiantes a reconfigurar sus experiencias en el proceso de aprendizaje. A través de la participación en juegos de carácter colectivo se crean sistemas de actividad, en los cuales la combinación de las diferentes inteligencias de los agentes entre sí con los diferentes artefactos y reglas, estimulan la emergencia de ideas más completas de las que podría tener un solo individuo, fortaleciendo la cooperación y el aprendizaje descentralizado. Asimismo, al introducir en el aula de clase actividades que demanden de la participación real – y no la simple división de partes para luego unir- las- de varios estudiantes, se generan en ellos comportamientos y actitudes favorables para el desarrollo de acciones o proyectos educativos de carácter grupal, lo cual es de gran importancia al tener en cuenta que el proceso de aprendizaje implica por naturaleza la interacción con otro individuo.

En tercera instancia, el nivel de coherencia permite al grupo mejorar la cooperación y coordinación, porque los estudiantes al identificar la necesidad de trabajar juntos son conscientes de involucrar a todos los agentes

**El nivel de comunicación influye sobre el rendimiento del colectivo porque los integrantes coordinan mejor sus actividades y funciones a través del lenguaje; en otras palabras a mayor competencia derivada de la reconfiguración, mayor será el afianzamiento del concepto y viceversa.**

para optimizar el desempeño del colectivo frente a las posibles soluciones al problema. Si el problema a resolver no demanda un nivel alto de coherencia, el colectivo de agentes dejará que unos cuantos de ellos encuentren y lleven a cabo la solución, dejando como consecuencia que aquellos que no trabajan vean como irrelevante el aprendizaje derivado de la actividad. Por el contrario, al diseñar actividades de alta coherencia (juegos y experimentos de esta investigación) se logra que todos los grupos se integren en una unidad de agentes que aprenden a trabajar distribuidamente.

Cuarto, al solucionar problemas distribuidamente, el juego como artefacto mediador, logra en el colectivo generar patrones de interacción, los cuales se emplearán en actividades académicas de carácter colectivo optimizando su desempeño. A través del reconocimiento de diferentes formas de interactuar y comunicarse con los demás miembros, el colectivo aprende a planear estrategias, distribuir roles y tareas, al igual que respetar las opiniones de otros y llegar a acuerdos para tomar decisiones. A su vez, estos patrones de interacción emergen del grupo como comportamientos durante el desarrollo de la actividad (juego), los cuales posteriormente quedarán inherentes en cada individuo facilitando el desenvolvimiento de los integrantes en ulteriores procesos de aprendizaje.



Quinto, en el salón de clases el docente encuentra diferentes grupos de agentes de los cuales emergen conceptos al trabajar distribuidamente sobre problemas colectivos. Dichos conceptos se nutren al ponerlos en común con otros, reconstruyendo las ideas grupales e

individuales, logrando de esta forma un mejor afianzamiento del concepto enseñando.

Finalmente, en los procesos de aprendizaje distribuido se sugiere concebir la modularidad como una herramienta que permitirá a los grupos una explicación más completa del concepto, ya que al identificar cada uno de los componentes de éste, se podrán verificar hipótesis por parte del colectivo. Al presentar problemas con una alta modularidad, los diferentes colectivos tendrán la oportunidad de indagar sobre las distintas relaciones entre los elementos del problema o juego a desarrollar, brindado una perspectiva global del concepto mientras se desafía creativamente a los estudiantes hasta alcanzar niveles más elevados de comprensión. Asimismo, la modularidad crea correlatos educativos, en la medida que se necesitan explicaciones para cada uno de los componentes del problema por parte de estudiantes y profesores, siendo ese uno de varios momentos en el cual la construcción del concepto se hace colectivamente.

### Implicaciones para las prácticas pedagógicas

Al trabajar colectivamente, los seres humanos generan patrones de interacción, cooperación o colaboración, los cuales transforman las estructuras cognitivas de cada integrante, en la medida que le permite a cada agente distribuir su conocimiento con los otros y los objetos que se utilizan. Este fenómeno puede tener una gran incidencia en el aula de clase, ya que, al interior de ésta se genera una red de interacciones entre estudiantes, profesores y

artefactos, que puede ser explorada para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Adicionalmente, la solución de problemas es hoy en día una habilidad cognitiva que se espera todas las personas posean para cualquier tipo de labor académica o comercial; sin embargo, los diferentes tipos de problemas que emergen de la sociedad actual exigen que el individuo trabaje con otros para dar solución al problema en mención.

### Referencias

Bateson, G (2000) *Steps to an Ecology of Mind: Collected Essays in Anthropology, Psychiatry, Evolution and Epistemology*. University of Chicago. Chicago, Unites States.

Brown, Ann L., y otros. (1993) "Distributed Expertise in the Classroom." En Salomon,

*G Distributed Cognitions: Psychological and Educational Considerations*. New York: Cambridge, England 188-28.

Cole, Michael (2003) *Psicología Cultural*. Ediciones Morata. Madrid, España

- Cole, Michael y Engestrom, Yrjo (1993) "A cultural-historical approach to distributed cognition". En Salomon, G *Distributed Cognitions: Psychological and Educational Considerations*. New York: Cambridge, England, 1 - 47
- Durfee, E (1999) *Distributed Problem Solving and Planning*. En Weiss, G *Multiagent systems: A modern approach to distributed artificial intelligence*. The MIT press. United States of America.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. M.I.T. Press. Cambridge, Massachusetts.
- Hutchins, Edwin (2000) "Distributed Cognition: toward a new foundation for Human-Computer interaction research. En: *Transactions on Human-Computer Interaction*, Vol. 7, No 2, Junio 2000, Paginas 174-196
- Luna, Offray (2007) *Resolución colectiva de problemas desde modelos multiagente*. Pontificia Universidad Javeriana. Maestría en Educación. Bogotá, Colombia.
- Salomon, Gavriel (1993) *Distributed Cognitions: Psychological and Educational Considerations*. Cambridge University Press. Cambridge, England
- Schwarz, N (2002) *Situated Cognition and the Wisdom of feelings: Cognitive Tuning*. Recuperado de: <http://www.psp.ucl.ac.be/recherche/ecoledoctorale/NCC%203623%20Holland%2001.pdf>
- Valsiner, J., & van der Veer, R. (2000). *The social mind*. New York: Cambridge University Press.
- Weiss, Gerhard (1999) *Multiagent systems: A modern approach to distributed artificial intelligence*. The MIT press. United States of America.