



# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

## ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y  
COMPUTACIÓN

**Implementación de un algoritmo para la creación de comunidades o espacios de colaboración entre individuos, a través de la técnica de ordenamiento y agrupación.**

TRABAJO DE TITULACIÓN.

**AUTOR:** Guevara Zaquinaula, Diego Fernando

**DIRECTOR:** Mgs. Barba Guamán, Luis Rodrigo

LOJA – ECUADOR

2018



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2018

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister.

Barba Guamán, Luis Rodrigo.

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Implementación de un algoritmo para la creación de comunidades o espacios de colaboración entre individuos, a través de la técnica de “ordenamiento y agrupación”. Realizado por Guevara Zaquinaula Diego Fernando, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, febrero de 2018

f) .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Guevara Zaquinaula Diego Fernando declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Implementación de un algoritmo para la creación de comunidades o espacios de colaboración entre individuos, a través de la técnica de “ordenamiento y agrupación”. De la Titulación Ingeniería Sistemas Informáticos, siendo Luis Barba director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad.

f.....

Autor. Diego Fernando Guevara Zaquinaula

Cedula. 1105043994

## **DEDICATORIA**

Esta tesis va dedicada a todas las personas que han estado apoyándome tanto emocional y económicamente en esta etapa de mi vida. Especialmente a mis padres: María Zaquinaula y Manuel Guevara, quienes me ayudaron incondicionalmente. A mis hermanos y amigos quienes me dieron ánimos en el transcurso de todo este proceso brindándome su apoyo y consejo.

Les dedico también este logro a todas aquellas personas que aportaron con su experiencia y conocimiento para el desarrollo del mismo y que sin ellas este proyecto no se hubiera concluido de forma satisfactoria.

**Diego Fernando Guevara Zaquinaula**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi gratitud a todas las personas que me apoyaron en el desarrollo del presente trabajo de fin de titulación: A la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) por brindarme la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa institución, a los docentes, quienes a través de las enseñanzas impartidas me han formado académicamente, al área de Inteligencia Artificial por los conocimientos compartidos, y de manera especial al Mgtr. Luis Rodrigo Barba Guamán quien me oriento con sus conocimientos y experiencia para el desarrollo del mismo.

**Diego Fernando Guevara Zaquinaula**

## INDICE DE CONTENIDOS

|   |      |
|---|------|
| APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....                 | ii   |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....                       | iii  |
| DEDICATORIA .....   | iv   |
| AGRADECIMIENTO .....  | v    |
| INDICE DE CONTENIDOS .....  | vi   |
| INDICE DE TABLAS .....  | viii |
| INDICE DE FIGURAS .....   | ix   |
| RESUMEN .....   | 1    |
| ABSTRACT .....  | 2    |
| INTRODUCCIÓN .....  | 3    |
| CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES .....                                    | 5    |
| 1.1 Planteamiento del Problema .....                                    | 6    |
| 1.2 Objetivos .....   | 6    |
| 1.2.1 Objetivo General .....  | 6    |
| 1.2.2 Objetivos Específicos .....                                       | 6    |
| 1.3 Metodología .....   | 7    |
| 1.4 Estructura del documento .....                                      | 7    |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....  | 9    |
| 2.1 Sistemas Emergentes .....   | 10   |
| 2.1.1 ¿Qué son los sistemas emergentes? .....                           | 12   |
| 2.1.2 Características de los sistemas emergentes .....                  | 15   |
| 2.1.3 Tipos de sistemas emergentes .....                                | 17   |
| 2.2 La emergencia en la vida .....                                      | 22   |
| 2.2.1 Emergencia y sociedad .....                                       | 23   |
| 2.2.2 Emergencia en el reino animal .....                               | 24   |
| 2.2.3 Emergencia e Internet .....                                       | 25   |
| 2.3 Colonia de hormigas .....   | 25   |
| 2.3.1 El mito de la hormiga reina .....                                 | 28   |
| 2.3.2 Agregación .....  | 28   |
| 2.4 Aplicaciones de sistemas emergentes .....                           | 30   |
| 2.4.1 SimCity .....   | 30   |
| 2.4.2 Wikipedia .....   | 31   |
| 2.5 Comunidades de Aprendizaje .....                                    | 32   |
| 2.5.1 Comunidades de práctica .....                                     | 34   |
| 2.5.2 ¿Qué son las comunidades de aprendizaje? .....                    | 34   |
| 2.5.3 Desarrollo de una comunidad de aprendizaje .....                  | 36   |
| 2.5.4 Tipos de comunidades de aprendizaje .....                         | 37   |
| 2.5.5 Aprendizaje y comunidad .....                                     | 39   |
| 2.5.6 Comunidades de aprendizaje en la sociedad de la información ..... | 39   |

|  |   |    |
|--|---|----|
| 2.5.7  | Las comunidades de aprendizaje. Una realidad de educación inclusiva.....          | 40 |
| 2.6  | Vinculación entre sistemas emergentes y comunidades de aprendizaje.....           | 41 |
| 2.7  | Métricas para evaluar los agrupamientos.....                                      | 42 |
| 2.7.1  | Cohesión.....   | 42 |
| 2.7.2  | Separación.....   | 43 |
| 2.8  | Trabajos relacionados.....  | 43 |
| 2.8.1  | División del trabajo en colonias de insectos sociales.....                        | 44 |
| 2.8.2  | Transporte de objetos en la colonia de hormigas.....                              | 44 |
| 2.8.3  | El comportamiento del moho de fango.....  | 45 |
| 2.8.4  | Competencias socio-emocionales y creatividad según el nivel de inteligencia.....  | 47 |
| 2.8.5  | Estudio de la segregación socioeconómica y académica de la educación chilena..... | 47 |
| <b>CAPITULO III. ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA</b> |   |    |
| <b>“ORDENAMIENTO Y AGRUPACIÓN”.....</b>                      |   |    |
| 3.1  | Descripción general de la técnica “ordenamiento y agrupación”.....                | 49 |
| 3.2  | Modelo matemático.....  | 51 |
| 3.3  | Implementación.....   | 56 |
| <b>CAPITULO IV. PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>                |   |    |
| 4.1  | Experimentación.....  | 61 |
| 4.1.1  | Escenario 1: Sin comunidades.....   | 62 |
| 4.1.2  | Escenario 2: Con comunidades.....   | 66 |
| 4.2  | Pruebas.....  | 71 |
| 4.2.1  | Obtención de datos.....   | 71 |
| 4.2.2  | Propuesta.....  | 71 |
| 4.2.3  | Resultados.....   | 75 |
| 4.2.3.1  | Resultados para el escenario 1.....   | 75 |
| 4.2.3.2  | Resultados para el escenario 2.....   | 81 |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                   |   |    |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                     |   |    |
|  |   | 89 |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Clasificación basada en causalidad.....                                    | 20 |
| <b>Tabla 2.</b> Diferencias entre escuelas y comunidades de aprendizaje .....              | 38 |
| <b>Tabla 3.</b> Ejemplo de individuos con sus habilidades o características .....          | 41 |
| <b>Tabla 4.</b> Características de los individuos .....                                    | 50 |
| <b>Tabla 5.</b> Patrón de la comunidad de aprendizaje <i>Ca</i> .....                      | 52 |
| <b>Tabla 6.</b> Macro-algoritmo general .....  | 53 |
| <b>Tabla 7.</b> Creación de comunidades .....  | 54 |
| <b>Tabla 8.</b> Reajustar comunidades .....  | 55 |
| <b>Tabla 9.</b> Fusión de comunidades .....  | 56 |
| <b>Tabla 10.</b> Formato del data-set para el escenario 1 .....                            | 58 |
| <b>Tabla 11.</b> Formato del data-set para el escenario 2 .....                            | 58 |
| <b>Tabla 12.</b> Ejemplo de un data-set de 16 individuos y 18 características .....        | 62 |
| <b>Tabla 13.</b> Resultado del macro-algoritmo 2 .....                                     | 65 |
| <b>Tabla 14.</b> Ejemplo de data-set para el segundo escenario .....                       | 67 |
| <b>Tabla 15.</b> Individuos movidos .....  | 68 |
| <b>Tabla 16.</b> Individuos correctamente asignados en sus comunidades .....               | 68 |
| <b>Tabla 17.</b> Reajuste de comunidades .....   | 69 |
| <b>Tabla 18.</b> Fusión de comunidades Escenario 2 .....                                   | 70 |
| <b>Tabla 19.</b> Propuesta de fusión de comunidades .....                                  | 72 |
| <b>Tabla 20.</b> Resumen de los mínimos para 100, 500 y 1000 individuos, escenario 1 ..... | 73 |
| <b>Tabla 21.</b> Pruebas con 100, 500 y 1000 individuos, escenario 2.....                  | 74 |
| <b>Tabla 22.</b> Valores de las variables, escenario 2 .....                               | 75 |
| <b>Tabla 23.</b> Resultados para 100 individuos, escenario 1 .....                         | 76 |
| <b>Tabla 24.</b> Resultados para 500 individuos, escenario 1 .....                         | 77 |
| <b>Tabla 25.</b> Resultados para 1000 individuos, escenario 1 .....                        | 79 |
| <b>Tabla 26.</b> Resultados para 2000 individuos, escenario 1 .....                        | 80 |
| <b>Tabla 27.</b> Resultados para 100 individuos, escenario 2 .....                         | 82 |
| <b>Tabla 28.</b> Resultados para 500 individuos, escenario 2 .....                         | 83 |
| <b>Tabla 29.</b> Resultados para 1000 individuos, escenario 2 .....                        | 84 |
| <b>Tabla 30.</b> Resultados para 2000 individuos, escenario 2.....                         | 85 |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Doble lectura del fenómeno de emergencia.....  | 11 |
| <b>Figura 2.</b> Sistema jerárquico y sistema emergente .....   | 13 |
| <b>Figura 3.</b> Colonia de hormigas .....  | 14 |
| <b>Figura 4.</b> Catedral producida por una colonia de termitas.....  | 16 |
| <b>Figura 5.</b> Sistemas emergentes. El comportamiento colectivo y la interconectividad .....                | 17 |
| <b>Figura 6.</b> Diagrama continuo que va desde emergencia simple hasta emergencia compleja..                 | 19 |
| <b>Figura 7.</b> Enjambre de abejas (colmena natural) .....   | 21 |
| <b>Figura 8.</b> Patrones de manchas de un leopardo .....   | 22 |
| <b>Figura 9.</b> Las hormigas en el punto de decisión .....   | 26 |
| <b>Figura 10.</b> Elección de forma aleatoria entre los caminos inferiores y superiores.....                  | 27 |
| <b>Figura 11.</b> Efectos de la cantidad de hormigas que circulan por cada camino.....                        | 27 |
| <b>Figura 12.</b> Mayor cantidad de feromonas en el camino más corto.....                                     | 27 |
| <b>Figura 13.</b> Resultados de simulación con el modelo de recolección y depósito de objetos ....            | 30 |
| <b>Figura 14.</b> Ejemplo de una ciudad creada con SimCity .....  | 31 |
| <b>Figura 15.</b> Paso de las comunidades de práctica a las comunidades de aprendizaje.....                   | 34 |
| <b>Figura 16.</b> Fases para el desarrollo de una comunidad de aprendizaje .....                              | 36 |
| <b>Figura 17.</b> Características de una comunidad de aprendizaje.....  | 37 |
| <b>Figura 18.</b> Posible representación de las agrupaciones .....  | 42 |
| <b>Figura 19.</b> Clases y Diagramas del Sistema Web .....  | 57 |
| <b>Figura 20.</b> Modelo de la base de datos .....  | 59 |
| <b>Figura 21.</b> Cohesión y separación de los 10 mejores resultados, con 100 individuos, escenario 1 .....   | 77 |
| <b>Figura 22.</b> Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 500 individuos, escenario 1 .....  | 78 |
| <b>Figura 23.</b> Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 1000 individuos, escenario 1 ..... | 79 |
| <b>Figura 24.</b> Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 2000 individuos, escenario 1 ..... | 81 |
| <b>Figura 25.</b> Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 100 individuos, escenario 2 .....  | 82 |
| <b>Figura 26.</b> Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 500 individuos, escenario 2 .....  | 84 |
| <b>Figura 27.</b> Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 1000 individuos, escenario 2 ..... | 85 |
| <b>Figura 28.</b> Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 2000 individuos, escenario 2.....  | 86 |

## RESUMEN

El siguiente trabajo de titulación presenta un análisis, diseño e implementación de la técnica “ordenamiento y agrupación” propia de los sistemas emergentes, basada en el fenómeno de agregación de las colonias de insectos sociales. Para la implementación de la técnica antes mencionada, se propone un sistema web para la creación, validación y visualización de comunidades de aprendizaje, desarrollado con los framework: *Django*, *Bootstrap* y el gestor de base de datos PostgreSQL.

La técnica de “ordenamiento y agrupación”, permite agrupar individuos según sus habilidades o características. Estos individuos pueden ser personas animales o cosas. En este trabajo los individuos son estudiantes, para en un futuro, aplicar esta técnica en un aula de clases, y comprobar si agrupándolos según sus habilidades mejoran el rendimiento académico de los alumnos.

Para validar las comunidades de aprendizaje se hace a través de las métricas de *cohesión* y *separación*.

**PALABRAS CLAVES:** Comunidades de aprendizaje, sistemas emergentes, algoritmo de gestión de comunidades, cohesión, separación, sistema web para la gestión autónoma de comunidades de aprendizaje.

## ABSTRACT

The following titration work presents an analysis, design and implementation of the technique "ordering and grouping" typical of emerging systems, based on the phenomenon of aggregation of social insect colonies. For the implementation of the aforementioned technique, we propose a web system for the creation, validation and visualization of learning communities, developed with the frameworks: Django, Bootstrap and the PostgreSQL database manager.

The technique of "ordering and grouping" allows grouping individuals according to their abilities or characteristics. These individuals can be animal people or things. In this work the individuals are students, for in a future, to apply this technique in a classroom of classes, and to verify if grouping them according to their abilities improve the academic performance of the students.

Validating learning communities is done through cohesion and separation metrics.

**KEY WORDS:** Learning communities, emerging systems, community management algorithm, cohesion, separation, web system for the management of autonomous learning communities.

## INTRODUCCIÓN

Como expresa (J. Aguilar, 2014) en los sistemas emergentes es posible entender el acoplamiento entre el comportamiento microscópico (entre agentes del sistema) y macroscópico (todo el sistema). Al modelar el flujo de información macroscópico y relacionándolo con las acciones microscópicas, se puede obtener soluciones a problemas reales. Un punto importante de los sistemas emergentes es el poder de adaptación a los cambios estructurales del medio ambiente, por lo tanto no puede haber emergencia sin el medio ambiente.

Son muchos los sistemas que muestran estas características, cuya estructura y organización se presentan a un nivel macro. Algunos ejemplos son las galaxias, los sistemas planetarios, las sociedades, los organismos, entre otros. Un punto importante de los sistemas emergentes es que producen resultados impredecibles de los comportamientos que toman sus agentes, que a un nivel inferior (entre los agentes) parecen simples, pero desde un nivel superior (todo el sistema) producen resultados complejos.

El avance de las nuevas tecnologías en las aulas de clases facilita la inclusión de procesos colaborativos de aprendizaje, donde las personas asumen múltiples roles, exploran soluciones a casos de estudio y dan soluciones en grupo desde diferentes puntos de vista. Como afirma (Díez-Palomar & Flecha, 2010) la educación es una de las áreas que más le cuesta cambiar. Si se compara una aula de ahora con una de hace 30 años se observa que no hay muchos cambios. A pesar que en las aulas actuales hay más diversidad cultural, religiosa y lingüística (Rodríguez Martínez, 2014), sigue habiendo una única persona que habla (profesor), la comunicación es unidireccional.

Según (Rodríguez Martínez, 2014) en la actualidad la tecnología es clave en nuestra vida y la Internet ha cambiado la forma de acceder, producir y procesar la información, permitiendo compartir y gestionar más información con más personas y a una mayor velocidad. Todos estos cambios han evolucionado la forma de enseñar y aprender, por ejemplo el profesor ha dejado de ser la fuente central de información en un aula de clases.

Las comunidades de aprendizaje es una respuesta eficiente y equitativa a estos cambios sociales y educativos introducidos por la sociedad de la información (Rodríguez Martínez, 2014).

Para aportar al crecimiento de las comunidades de aprendizaje el presente trabajo de titulación propone implementar un prototipo de simulación web, donde se pueda visualizar la creación de espacios o comunidades de aprendizaje, basado en la técnica "ordenamiento y agrupación" propia de los sistemas emergentes. Para la validación de las comunidades se aplicarán las Métricas: Cohesión y Separación.

**CAPITULO I.**  
**ASPECTOS GENERALES**

## **1.1 Planteamiento del Problema**

En la educación la interacción es un aspecto importante, la interacción ayuda a relacionarse con los demás, socializar, intercambiar ideas, entre otras. Las comunidades de aprendizaje son un modelo educativo que se basa en principios como: el diálogo, inclusión e igualdad. Algunos proyectos basados en los principios de las comunidades de aprendizaje son aplicados a la educación formal y no formal, como estrategia para mejorar los resultados de la formación y generar las bases de una educación solidaria.

Por ejemplo, en un aula de clases los estudiantes a menudo forman grupos de trabajo o comunidades de aprendizaje para ciertas actividades. Estos grupos son formados sin tomar en cuenta sus habilidades, se forman al azar o por afinidad. Los grupos formados al azar o por afinidad dan como resultado grupos mediocres, muy generalistas y simples. En estos grupos a menudo las participaciones de sus miembros es muy desigual, incluso pueden haber miembros que no aporten en nada al grupo, debido a que no tienen las habilidades suficientes o pueden haber miembros con habilidades superiores, que hacen todo el trabajo, separándolos a los otros miembros del grupo.

El objetivo de las comunidades de aprendizaje es que todos aprendan, investiguen, y den soluciones a problemas reales. El aula es un espacio colaborativo de información que facilita un aprendizaje interactivo en el individuo, y lo hacen no solo entre compañeros, sino también con el profesorado, ya que el acceso a herramientas y recursos de colaboración es cada vez más accesible e intuitivo para los profesores e individuos de cualquier edad.

## **1.2 Objetivos**

Para el siguiente trabajo de titulación se determinan los siguientes objetivos que se desean alcanzar con la investigación.

### **1.2.1 Objetivo General**

Implementar un prototipo de plataforma (web o escritorio), donde se pueda visualizar la creación de espacios o comunidades de aprendizaje basado en la técnica "ordenamiento y agrupación" propia de los sistemas emergentes.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Analizar y diseñar la técnica "ordenamiento y agrupación". En el contexto educativo
- ✓ Implementar la técnica "ordenamiento y agrupación"
- ✓ Desarrollar una interfaz gráfica para la visualización de los resultados.
- ✓ Validar las comunidades creadas a través de métricas como cohesión y separación.
- ✓ Redactar el trabajo de titulación en formato artículo.

### 1.3 Metodología

Para el presente trabajo de titulación se propone las siguientes fases.

Fase 1. **Inicio y Planificación del Proyecto**, en esta fase se hace una investigación de los temas: sistemas emergentes, comunidades de aprendizaje y de la técnica ordenamiento y agrupación. Con la investigación de estos temas se procede a realizar la introducción y el marco teórico del trabajo de titulación.

Fase 2. **Análisis y Diseño**, de la técnica "ordenamiento y agrupación", y el diseño de las interfaces donde se muestra los resultados.

Fase 3. **Codificación**, se desarrolla el prototipo en un lenguaje de programación.

Fase 4. **Pruebas**, se prueba el prototipo con datos creados aleatoriamente con el objetivo de probar el funcionamiento del algoritmo, se validan los resultados y se dan algunas conclusiones del trabajo de investigación realizado.

### 1.4 Estructura del documento

El presente trabajo de titulación se ha estructurado con los siguientes capítulos:

- ✓ En el capítulo 1. Se presenta Aspectos Generales que consta de: planteamiento del problema, objetivos generales y específicos, metodología y estructura del documento.
- ✓ En el capítulo 2. Se investiga el Marco Teórico que consta de: sistemas emergentes, la emergencia en la vida, colonias de insectos, aplicaciones de los sistemas emergentes, comunidades de aprendizaje, vinculación entre sistemas emergentes y comunidades de aprendizaje y métricas para evaluar los agrupamientos.
- ✓ En el capítulo 3. Se realiza el análisis y diseño de la técnica "ordenamiento y agrupación".

- ✓ En el capítulo 4. Se implementa la técnica “ordenamiento y agrupación”, en un lenguaje de programación
- ✓ En el capítulo 5. Se realiza pruebas con datos creados aleatoriamente y se valida los agrupamientos.
- ✓ En el capítulo 6. Se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

**CAPITULO II.**  
**MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se realiza una investigación de los sistemas emergentes y comunidades de aprendizaje. En la sección 2.1, se revisa los conceptos, características y tipos de sistemas emergentes. En la sección 2.2, se hace referencia los entornos donde se puede observar sistemas emergentes como son: sociedad, reino animal, internet, entre otros. En la sección 2.3, se investiga sobre colonia de hormigas, sus mitos y como las hormigas se organizan y buscan alimento mediante la técnica de ordenamiento y agrupación. En la sección 2.5, se hace mención de algunas aplicaciones de los sistemas emergentes en la sociedad. Otro tema que se menciona en la sección 2.6, son las comunidades de aprendizaje, se hace una introducción a las comunidades de aprendizaje, algunos conceptos y como las comunidades de aprendizaje y las nuevas tecnologías han cambiado la educación de hoy en día.

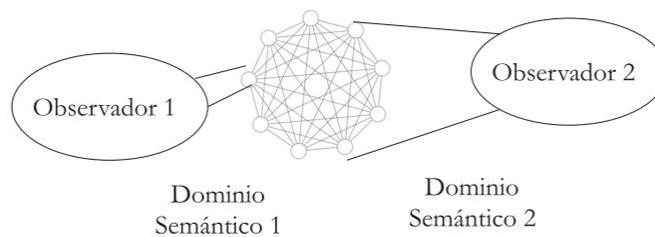
Y finalmente en las secciones 2.7, 2.8 y 2.9 se hace una vinculación entre los sistemas emergentes y las comunidades de aprendizaje, métricas de cohesión y separación, y los trabajos relacionados entorno al presente trabajo de titulación respectivamente.

## **2.1 Sistemas Emergentes**

De acuerdo a (J. Aguilar, 2014) la emergencia es el comportamiento de un sistema que emerge de las interacciones entre sus partes, que son difíciles de predecir.

La emergencia se define como una característica de un sistema, que no es igual a la suma de sus partes o componentes individuales de dicho sistema. Las interacciones entre los componentes de un sistema es lo que permite la emergencia.

La posibilidad de ver el fenómeno de la emergencia en un sistema, desde diferentes puntos donde se encuentre el observador, es lo que permite descubrir la naturaleza emergente del mismo (ver figura 1).



**Figura 1.** Doble lectura del fenómeno de emergencia

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (J. Aguilar, 2014)

**Elaborado por.** (J. Aguilar, 2014)

Como se ve en la figura 1, existen varios puntos de vista para aproximarnos a un fenómeno emergente. Desde cada punto de vista nos da como resultado lecturas diferentes. En el primero se observa las actuaciones de cada uno de los miembros (sus relaciones); en el segundo se observa comportamientos colectivos (patrones). Un punto importante es que las dos observaciones se pueden retroalimentar, enriqueciendo el proceso de emergencia. Así, nos encontramos en presencia de un evento bidireccional, donde el nivel micro caracteriza el fenómeno, y el nivel macro define la naturaleza de lo que se está observando.

Una característica fundamental de la emergencia es “produce resultados impredecibles desde interacciones que, en sí mismas, parecen simples” (J. Aguilar, 2014). Un ejemplo donde se muestra esto claramente son las crisis sociales y políticas que ocurren en el mundo. Otros ejemplos que muestran características emergentes son las colonias de insectos (los algoritmos para el enrutamiento de las llamadas telefónicas, son inspirados en el comportamiento de las colonias de hormigas) o en las congregaciones de aves.

Estos modelos se han usado para modelar los procesos de auto-organización comunitaria de muchos proyectos como Wikipedia.

En general, la emergencia, en el lenguaje ordinario se ha empleado para referirse a los comportamientos de cosas que llegan de forma inesperada.

Según (Johnson, 2001) los sistemas emergentes son una clase de organismos que tiene una mayor capacidad para crear conductas innovadoras, que se adapta de una mejor forma, a los cambios, que los modelos jerárquicos.

Los sistemas emergentes están presentes también en la forma constructiva de la vida urbana. La gran mayoría de las ciudades no son el resultado de un proceso planificado,

simplemente surgieron, como Manchester, Florencia, Estambul, que son el resultado de un proceso colectivo no dirigido ni planificado. Las calles de una ciudad son esenciales para el intercambio social, de igual forma las carreteras y los sistemas informáticos, que sirven para comunicarse, relacionarse y transferir información entre los individuos.

En una colonia de hormigas todo el comportamiento de la colonia se coordina mediante el reconocimiento de patrones, que dejan, en el rastro de feromona. Por ejemplo en la recolección del alimento. Esta causalidad que prevalece en los encuentros de las hormigas y la construcción de sus colonias se expresa también en las ciudades, en los encuentros fortuitos de las aceras, plazas, supermercados, etc.

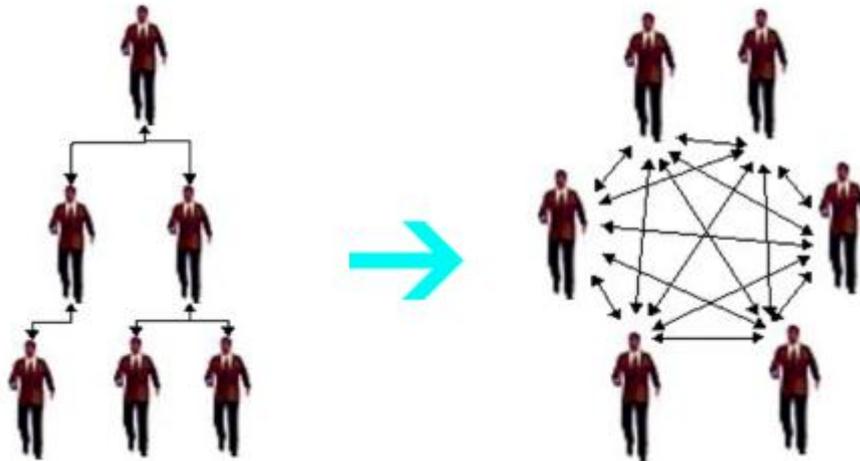
También a una ciudad se la puede considerar como una máquina de aprender, capaz de reconocer y seguir patrones, de reconstruirse y remodelarse una y otra vez, así como cualquier sistema complejo organizado.

### **2.1.1 ¿Qué son los sistemas emergentes?**

Existen muchas definiciones de emergencia dependiendo del área que se esté considerando. Sin embargo en las mayorías de las definiciones de emergencia se basan sobre:

- ✓ La naturaleza de las relaciones entre las partes y el todo
- ✓ La naturaleza de las propiedades que toman las partes y el todo

En la figura 2 se hace una comparación entre los sistemas jerárquicos y los sistemas emergentes. Se puede observar que la comunicación en los sistemas jerárquicos no es tan eficiente, se da en una sola dirección. En los sistemas emergentes la comunicación se da en todas las direcciones, por eso la comunicación es mucho más eficiente, porque se elimina la jerarquía.



**Figura 2.** Sistema jerárquico y sistema emergente

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Maria Paula Enciso B., 2017)

**Elaborado por.** (Maria Paula Enciso B., 2017)

La emergencia se define como una propiedad de un sistema, dada por la presencia de propiedades y estructuras a un nivel superior de organización y complejidad. En base a esto, las propiedades emergentes son impredecibles e irreducibles (J. Aguilar, 2014).

Aquel comportamiento de orden superior que aparece automáticamente a partir de partículas que individualmente no muestran dicho comportamiento, se conoce como comportamiento emergente.

Según (Polack & Stepney, 2005) un sistema emergente se lo puede considerar como un sistema cuyo comportamiento global es distinto a los comportamientos observados en los niveles inferiores. Por ejemplo, las colonias de hormigas recolectando alimento, las termitas construyendo o las aves volando. Entonces, en un sistema emergente los componentes a bajo nivel tienen un comportamiento e interacciones expresadas en un lenguaje A, mientras que el comportamiento global a alto nivel se expresa en otro lenguaje B.

Como plantea (Johnson, 2003b) La emergencia es lo que ocurre cuando un sistema de elementos o componentes cuyo comportamiento es relativamente simple se organiza de forma natural y espontáneamente y sin leyes explícitas hasta dar con comportamiento inteligente. Sistemas tan diferentes e impares como las colonias de hormigas, los cerebros

humanos o las ciudades siguen estas reglas emergentes. En todos estos ejemplos, los agentes de nivel inferior adoptan comportamientos propios de un nivel superior.

Las hormigas que para abastecer el hormiguero optimizan su recorrido recolector de alimento. Este problema les gustaría tener resuelto los viajeros de comercio que deben visitar varias ciudades o a los operadores que deben optimizar el tráfico de internet. Resulta interesante observar cómo individuos incapaces de asimilar el comportamiento global se organizan para trabajar coordinadamente usando sólo información local: éste es un enigma común en ámbitos tan variados como la biología del desarrollo, las agrupaciones de los pobres y ricos en una ciudad o la formación espontánea de estados de opinión.

Como señala (Venturini, 2008) se observan conductas emergentes cuando los agentes de un sistema prestan atención a sus vecinos inmediatos o más cercanos para resolver problemas, sin esperar ordenes de nivel superior, y actúan localmente. Las acciones colectivas de estos agentes producen el comportamiento global. Por ejemplo, en una colonia de hormigas. Las hormigas actúan y piensan localmente pero producen un comportamiento global complejo, ver figura 3.



**Figura 3.** Colonia de hormigas

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de <https://www.tes.com>

**Elaborado por.** (Agencia de noticias, 2017)

En la figura muestra que las hormigas trabajan todos los días recolectando hojas que llevan a su colonia para cultivar un hongo del cual se alimentan. El esfuerzo que hacen todas ellas recolectando estas hojas es importante para la sobrevivencia de la colonia.

En general los sistemas emergentes son sistemas complejos que se adaptan al medio ambiente y muestran comportamientos complejos e inteligentes que no es fruto de algo planificado sino que surgieron como algo inesperado. Se caracteriza por resolver problemas de forma espontánea e inesperada, es decir sin tener una inteligencia centralizada o jerarquizada (descendente), sino de una forma ascendente, desde la base, desde los elementos individuales relativamente no inteligentes que conforman el sistema. Por ejemplo una colonia de hormigas, la forma como se comportan y actúan para construir su hormiguero o para recolectar el alimento no es una actividad planificada sino que actúan en base al rastro de feromonas que dejan, son encuentros fortuitos e inesperados entre ellas.

### **2.1.2 Características de los sistemas emergentes**

La vida se la puede considerar como un sistema emergente que obedece a ciertas leyes de auto-organización y complejidad. Un sistema emergente obedece a leyes de nivel superior que describen su comportamiento y cumple con ciertas características que lo hacen imprevisto o emergente. Algunas características de los sistemas emergentes se las menciona a continuación.

Según (J. Aguilar, 2014) menciona las siguientes características:

- ✓ Las entidades emergentes son caracterizadas por descripciones de orden superior
- ✓ Las entidades emergentes obedecen leyes de orden superior
- ✓ Las entidades emergentes son caracterizadas por lo imprevisible
- ✓ Las entidades emergentes se componen necesariamente de entidades de nivel inferior
- ✓ Algunas entidades emergentes son capaces de la causalidad de arriba hacia abajo
- ✓ Las entidades emergentes son caracterizadas por manifestarse en múltiples formas

Un ejemplo con estas características serían las termitas (ver figura 4). En la figura la catedral no puede ser reducida a la suma de las aportaciones individuales de las termitas, ni puede predecirse su forma a partir de las propiedades conductuales de las termitas individuales.



**Figura 4.** Catedral producida por una colonia de termitas

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de

<https://rib-moregeometrico.blogspot.com>

**Elaborado por.** (Rib-moregeometrico.blogspot.com, 2017)

Según (J. A. Pérez, 2011), describe las siguientes características de los sistemas emergentes:

- ✓ Comportamiento complejo, es el resultado de las interacciones simples de sus elementos
- ✓ Resuelven problemas recurriendo a herramientas u vecinos más cercanos
- ✓ El conocimiento se construye mediante las interacciones de sus miembros
- ✓ La inteligencia colectiva se da mediante el aporte de todos los miembros
- ✓ Están conformados por usuarios heterogéneos y diversos que interactúan de forma dinámica y de múltiples maneras
- ✓ Son sistemas auto-organizados y complejos

Un ejemplo con estas características sería una colonia de hormigas (ver figura 4).

Según (Salmon, 2007) menciona las siguientes características:

- ✓ Son sistemas complejos, con sus propios comportamientos, estructuras y leyes
- ✓ Sus propiedades son impredecibles y espontáneas
- ✓ Es irreductible a fenómenos e interacciones de nivel inferior
- ✓ Causalidad descendente
- ✓ Presencia de patrones en todos los niveles
- ✓ Complejidad jerárquica

En general los sistemas emergentes es el resultado de lo imprevisto y espontáneo, de la adaptación a los cambios del medio ambiente, que influyen en su estructura y comportamiento. Son sistemas complejos y auto-organizados que influyen sobre sus elementos y obedece a leyes de orden superior que no son deducibles ni reducibles a sus elementos que lo constituyen. Es así que el sistema es quien da forma a las relaciones de sus elementos, es quien impone las reglas.

En muchos de los casos estos sistemas son ascendentes, no descendentes. Extraen su inteligencia desde la base.

### 2.1.3 Tipos de sistemas emergentes

Para comprender los sistemas emergentes es esencial conocer los diferentes tipos de emergencia y el proceso de emergencia en los sistemas complejos, a fin de crear nuevas formas de sistemas más robustos. En la literatura existen varias clasificaciones de los sistemas emergentes en base a conceptos como: reducción, predicción y causalidad.

En la figura 5 se muestra el comportamiento colectivo de un cardumen de peces para moverse de un lugar a otro, calcular la distancia uno de otro y como prevenir el peligro al separarse y volviéndose a reunir, el resultado de estos patrones da un comportamiento causal y complejo del cardumen, basado en la interconectividad.



**Figura 5.** Sistemas emergentes. El comportamiento colectivo y la interconectividad

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Johnson, 2003a)

**Elaborado por.** (Johnson, 2003a)

Según (Clayton & Simpson, 2006) propone variantes de la emergencia en base a la amplificación de patrones o configuraciones:

- ✓ **Emergencias de primer orden**, como relaciones de supervivencia, tal que las propiedades de orden superior dependen de su nivel inferior. Un ejemplo es la lluvia, que es la unión química entre el hidrógeno y el oxígeno.
- ✓ **Emergencias de segundo orden**, se lleva a cabo a través del caos y la auto-organización, donde las condiciones ambientales juegan un papel formativo en combinación con la historia concreta del sistema. Un ejemplo son las formaciones de cristales de nieve, que es causada, no solo por la unión química entre el hidrógeno y el oxígeno, sino también por la simetría radial de la disipación de calor (relación de temperatura y humedad). En este tipo de emergencia el tiempo es importante.
- ✓ **Emergencias de tercer orden**, se observa la evolución, al recordarse su historia mediante su inclusión en su programa de organización. Por ejemplo todos los casos de aprendizaje evolutivo que se mantienen y se producen ellos mismo de acuerdo a sus programas internos.

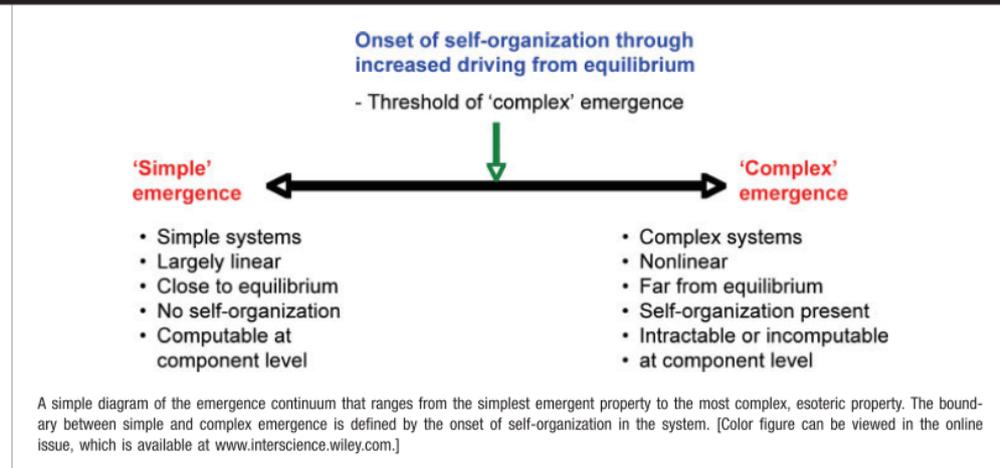
La emergencia de primer orden de supervivencia y la de segundo orden de las condiciones ambientales están presentes en la emergencia de tercer orden autopoyética (se entiende por autopoyesis un sistema que es capaz de mantenerse y reproducirse por sí mismo).

Algunos autores hablan de emergencia débil y fuerte, según (Naish, 1995) hace la siguiente distinción entre emergencia débil y fuerte:

- ✓ **Emergencia fuerte**, no es deducible, ni siquiera de las leyes de bajo nivel. Es decir pueden exhibir propiedades y principios que no se pueden reducir al efecto acumulativo de las propiedades y leyes de sus componentes, ver figura 6.
- ✓ **Emergencia débil**, es solo inesperada dada las propiedades y principios de bajo nivel. En este tipo de emergencia la dinámica causal de la totalidad está completamente determinada por la dinámica causal de sus partes, pero el comportamiento completo y detallado no puede predecirse con eficiencia, ver figura 6.

En la figura 6 muestra algunas características de los sistemas simples y complejos y como diferenciar estos sistemas.

FIGURE 1



**Figura 6.** Diagrama continuo que va desde emergencia simple hasta emergencia compleja

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Naish, 1995)

**Elaborado por.** (Naish, 1995)

Desde la idea de la causalidad de arriba hacia abajo existen varias clasificaciones de la emergencia. Según (Beckermann, Flohr, & Kim, 1992) establece la siguiente clasificación de la emergencia basada en la causalidad:

- ✓ **Emergencia reduccionista**, establece que las entidades emergentes, y sus fuerzas causales, son producto de ficciones, el sentido reduccionista establece que el conjunto no es nada más que la suma de sus partes y las entidades emergentes y sus explicaciones son ficciones útiles que nos ayudan a entender como las cosas trabajan.
- ✓ **Emergencia física no reduccionista**, para la física no reduccionista las entidades emergentes son verdaderas, y se establece que el conocimiento científico de la naturaleza es exacto y completo, donde los nuevos descubrimientos científicos nos siguen ayudando a clarificar como las cosas trabajan. Desde la óptima no reduccionista se vería a las entidades emergentes como patrones. Las computadoras pueden ser los mejores ejemplos de no reductibles formas de emergencia. Los programas informáticos así como los resultados de sus ejecuciones, serían consideradas como entidades emergentes. Para una computadora la causalidad de arriba hacia abajo es comprensible.
- ✓ **Emergencia radical**, para un radical, nuestro conocimiento del mundo físico es incompleto, y debemos ser cuidadosos al transformar los fenómenos a un nivel superior, complejo, mal entendido. La emergencia radical nos recuerda que falta mucho por conocer y que las complejidades de la experiencia necesitan ser explicadas con sentido.

Según (ELHANI, 2000) los diferentes tipos de emergencia pueden ser clasificados en 4 tipos:

**Tabla 1.** Clasificación basada en causalidad

| Nombre                | Roles                  | Frecuencia    | Predictibilidad              | Sistema                        |
|-----------------------|------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------|
| Nominal o intencional | Fija                   | Abundante     | Previsible                   | Cerrado, con entidades pasivas |
| Débil                 | Flexible               | Frecuente     | Previsible (en principio)    | Abierto con entidades activas  |
| Múltiple              | Flotante               | Común-inusual | No previsible (caótico)      | Abierto con múltiples niveles  |
| Fuerte                | Nuevos mundos de roles | Raro          | No previsible (en principio) | Nuevo o muchos sistemas        |

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (ELHANI, 2000)

**Elaborado por.** (ELHANI, 2000)

- ✓ **Emergencia simple sin causalidad de arriba hacia abajo**, describe la emergencia simple sin causalidad de arriba hacia abajo, como efecto de la auto-organización. Se divide en dos tipos de emergencia:
  - **Emergencia simple intencional**, es común de la emergencia en los sistemas complejos que las funciones nuevas son asignadas a grupos de agentes. En un sistema complejo, todos los componentes tienen un papel bien definido y obedecen a reglas bien entendidas. Como el comportamiento de cada parte es independiente, el comportamiento es predecible. En estos sistemas se da un proceso de auto-organización, entendida como cambios en el sistema.
  - **Emergencia simple no intencional**, este tipo de emergencia se muestra en sistemas con imprecisión, desordenados y elementos iguales. Las entidades y propiedades estadísticas de un conjunto de partículas idénticas pueden ser consideradas como propiedades emergentes si las propiedades no tienen sentido para una sola partícula. Por ejemplo la precisión, volumen, temperatura.
  
- ✓ **Emergencia débil con causalidad de arriba hacia abajo**, este tipo de emergencia puede ser estable e inestable y reflejan funciones flexibles que se pueden predecir, pero no con todos los detalles. Son sistemas que muestran características de emergencia débil con retroalimentación de arriba hacia abajo y auto-organización. Por ejemplo un

cardumen de peces tiene propiedades emergentes que influyen en los movimientos de cada miembro. Hay dos tipos de interacciones en la emergencia débil.

- **La interacción directa**, las entidades interactúan directamente entre sí. Las interacciones provocan formaciones de grupos, y a su vez influyen en el comportamiento de las entidades. Por ejemplo los enjambres de abejas, las manadas de mamíferos, los bancos de peces, ver figura 7.



**Figura 7.** Enjambre de abejas (colmena natural)

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Fotos.miarroba.es, 2017)

**Elaborado por.** (Fotos.miarroba.es, 2017)

En condiciones naturales las abejas escogen un hueco en un árbol o en las rocas de las montañas para resguardarse del clima y allí comienzan a construir los panales y se desenvuelve la vida de la colonia, es posible ver como mueren muchas abejas al llegar el atardecer de los días fríos que no pueden alcanzar el interior del panal.

- **La interacción indirecta**, los agentes cambian el estado del sistema y del medio ambiente a través de su comportamiento individual. Los cambios en el medio ambiente influyen en el comportamiento de los agentes. La interacción indirecta es posible si los agentes pueden manipular el ambiente, como las feromonas que dejan en el medio ambiente. Por ejemplo las colonias de hormigas o las pilas de las termitas, (ver figura 4).
- ✓ **Emergencia con múltiples retroalimentaciones**, emergencias con muchas causalidades y con una gran capacidad de adaptación, aquí el aprendizaje y la adaptación son muy importantes. En estos tipos de emergencia muestran sistemas muy complejos, agentes inteligentes y se dan procesos de causalidad negativa y positiva. La activación (retroalimentación positiva) con la inhibición (causalidad negativa) permiten la formación de patrones. Estos sistemas son responsables de la formación de muchos

patrones biológicos, por ejemplo, las rayas y manchas en los patrones de pelaje de los animales, (ver figura 8).



**Figura 8.** Patrones de manchas de un leopardo

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (MuyInteresante.es, 2017)

**Elaborado por.** (MuyInteresante.es, 2017)

Las rayas y manchas del pelaje de los felinos evolucionan con rapidez, dando lugar a una variedad de patrones que ayudan a estos animales a camuflarse mejor en su hábitat.

- ✓ **Emergencia fuerte**, este tipo de emergencia no contiene causalidad, solo relaciones con retroalimentación. Esta emergencia no se puede predecir, es un proceso creativo, contingente e impredecible. Es el tipo de emergencia que es responsable de las estructuras de mayor nivel de complejidad, que no pueden ser reducidas al efecto directo de las propiedades y leyes de sus componentes elementales. Por ejemplo la cultura es una propiedad fuerte emergente del lenguaje y la escritura. Los procesos que se describe con la emergencia fuerte no son mágicos ni anti-científicos, son fenómenos complejos con múltiples escalas. Las leyes físicas no pueden describir las formas biológicas, y la física de partículas no sirven para describir los fenómenos macroscópicos. Las estructuras macroscópicas y patrones, dependen de las partículas microscópicas, pero son independientes de ellos.

## 2.2 La emergencia en la vida

En esta sección se habla cómo la emergencia se vincula a diferentes ámbitos de la sociedad.

### **2.2.1 Emergencia y sociedad**

Según (J. Aguilar, 2014) en una sociedad la emergencia aparece en todos los procesos sociales que le dan vida a la misma. Por ejemplo en la cotidianidad de la sociedad, en las comunicaciones que se dan en ella, en las formas de poder que van apareciendo, entre otros.

El tráfico de una ciudad es un buen ejemplo para estudiar la emergencia de una sociedad. Para analizar el tráfico se lo puede observar desde dos puntos de vista, primero como un conductor. En este caso podríamos observar las reacciones de los otros conductores, buscar una explicación psicológica a sus acciones y decisiones. Otro punto de vista sería desde un helicóptero, observaríamos las rutas de los coches que van generando según las vías que van tomando, los embotellamientos, entre otros. Desde estas dos observaciones se hacen dos análisis del fenómeno, uno cercano a los hechos y otro que muestre el comportamiento colectivo. Ambos análisis se pueden retroalimentar.

La comunicación constituye un punto importante en un sistema social. La comunicación permite la relación entre los individuos, la cual les permite enriquecerse y retroalimentarse mutuamente. Así en los procesos sociales cada individuo toma en cuenta las expectativas de los otros, permitiendo la emergencia en los sistemas sociales.

Según (Harrinson, 2000) los procesos sociales y las formas de organización social pueden entenderse y analizarse en términos de redes sociales que expresan esas formas de comunicación que permiten la relación entre los individuos. Las relaciones son más que vínculos y solo tienen sentido en redes sociales. Por ejemplo las redes de relaciones, conjunto de nexos reconocidos entre actores, que suministran una base de información común para el análisis de todas las variedades de organización social. Un nexo social es una red social que genera otros nexos en esa u otras redes. Un nexo social solo existe en una relación de actores que se concatenan, es decir que incluyen otros nexos de esos actores.

Otro concepto que está presente en las redes sociales es el dominio. Según (J. Aguilar, 2014) dominios y redes no son sino abstracciones del ámbito sociocultural de la vida humana. Las redes caracterizan las conexiones de las interacciones. Los dominios tienen que ver con los significados e interpretaciones.

Un aspecto importante en la emergencia de las sociedades es el juego de poderes. A menudo estos juegos terminan con la emergencia de una jerarquía, el que está en la parte superior es quien critica a los demás, mientras los que están en la parte inferior no pueden ser críticos y casi nunca se les toma en cuenta sus sugerencias. La comunicación lingüística es esencial y afecta a estos juegos, por ejemplo, en una reunión solo una persona puede hablar a la vez, de lo contrario no se entendería, sería un caos que todos hablen. Este problema se solucionaría dividiendo las discusiones en pequeños grupos, pero surge un nuevo problema la coordinación. Para enfrentar un problema en conjunto todos los grupos deben poder comunicarse entre ellos para que se enteren de lo que están haciendo, así la comunicación se da de forma horizontal, dando paso a que todos puedan opinar y dar sugerencias.

### **2.2.2 Emergencia en el reino animal**

En este apartado se muestra algunos aspectos interesantes de las colonias de insectos, especialmente de las hormigas.

- ✓ Las hormigas conjuntamente con las termitas dominan el planeta, las hormigas tienen aproximadamente 10.000 especies conocidas, y provocan un impacto ambiental.
- ✓ Las hormigas poseen un vocabulario basado en feromonas y habilidades cognitivas mínimas, pero resuelven problemas colectivamente de forma inesperada. El lenguaje de las hormigas consta de 20 signos basados casi todos en el feromona.
- ✓ Ninguna hormiga está a cargo de la operación por lo que desarrollan formas de ingeniería y organización social.
- ✓ Las hormigas piensan localmente, pero su acción colectiva producen un comportamiento global.
- ✓ El proceso de toma de decisiones se distribuye entre miles de hormigas, por eso el margen de error es despreciable.

Una colonia de hormigas se vuelve con el tiempo más maduras, estables y organizadas, esto es producto de la forma de organización y comportamiento de ellas.

La agregación es un fenómeno emergente presente en los animales, se produce en los organismos más pequeños como las bacterias hasta en los más grandes como las ballenas, y se extiende en todas las especies conocidas de nuestro planeta.

Según (J. Aguilar, 2014) en el fenómeno de agregación se dan dos comportamientos:

- ✓ A corto plazo, modificando sus posiciones con respecto a los del vecino.
- ✓ A largo plazo, que no necesariamente cambian sus posiciones relativas entre los vecinos inmediatos, pero que contribuyen a las características del grupo.

Estos comportamientos grupales emergentes se encuentran entre las más difíciles de entender y evaluar, permiten la emergencia de patrones dinámicos en el grupo, que los equipan de ventajas evolutivas en determinadas circunstancias como evadir depredadores.

### **2.2.3 Emergencia e Internet**

Una pregunta importante que nos deberíamos hacer es ¿La web es inteligente? Para que algo sea inteligente necesita de conectividad y organización (patrones). La auto-organización y emergencia son mecanismos que incentivan la creatividad y el poder de organizarse y se deben explotar para producir inteligencia. Con estos mecanismos hay la posibilidad de la formación de macro-patrones, por ejemplo la distribución de sitios web, caminos virtuales de búsqueda de información, entre otros. La web con algunos cambios puede adquirir esas capacidades, para ello necesita que se den relaciones más recíprocas, que permitan la retroalimentación para la formación de estructuras más organizadas.

La internet hoy en día con la aparición de las redes sociales ha sido caracterizado en algunos casos como un modelo democrático que gestiona comunidades virtuales. Wikipedia es uno de estos modelos donde todos los usuarios tienen igual posibilidad de agregar o modificar el contenido. Wikipedia ha sido desarrollado usando wiki, un tipo de software social que permite escribir democráticamente en colaboración, páginas web con documentos que se entrecruzan entre ellos.

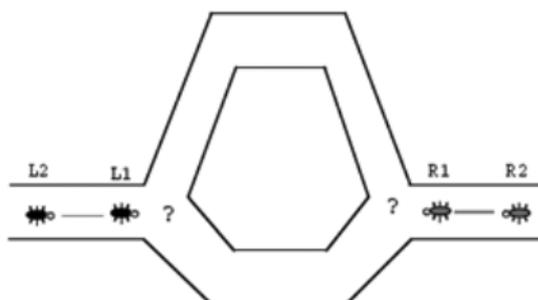
Wikipedia tiene una estructura social de trabajo comunitario y formas de ir agregando las contribuciones de todos los usuarios. Así se puede agregar el conocimiento individual en un conocimiento colectivo que ayuda a la resolución de problemas, toma de decisiones, entre otras. Según las reglas sociales que se van configurando, las contribuciones y agregaciones que ocurren, se forman los patrones.

### **2.3 Colonia de hormigas**

Según (Alonso, Cordón, Fernández De Viana, & Herrera, 2004), las hormigas son insectos sociales que viven en colonias y que, debido a su colaboración mutua, son capaces de mostrar comportamientos complejos y realizar tareas difíciles desde el punto de vista de una hormiga individual. Un aspecto interesante del comportamiento de muchas especies de hormigas es su habilidad para encontrar los caminos más cortos entre su hormiguero y las fuentes de alimento. Este hecho es especialmente interesante si se tiene en cuenta que muchas de las especies de hormigas son casi ciegas.

Mientras se mueven entre el hormiguero y el alimento, algunas especies de hormigas depositan una sustancia química denominada feromona (una sustancia que puede oler). Si no se encuentra ningún rastro de feromona, las hormigas se mueven de manera aleatoria, pero cuando existe feromona depositada, tienen mayor tendencia a seguir el rastro.

Como se observa el ejemplo de la figura 9 las hormigas llegan a un punto en el cual tienen que decidir si giran a la derecha o a la izquierda, como en un principio no hay rastros de feromonas en ningún camino, las hormigas escogen aleatoriamente, se calcula que la mitad de las hormigas giran a la izquierda y la otra mitad giran a la derecha. Esto es similar para las hormigas que recorren de izquierda a derecha representadas con la letra L, y para las que recorren de derecha a izquierda representadas con la letra R.

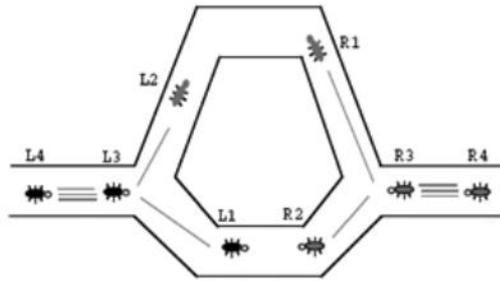


**Figura 9.** Las hormigas en el punto de decisión

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Robles Algarín, 2010)

**Elaborado por.** (Robles Algarín, 2010)

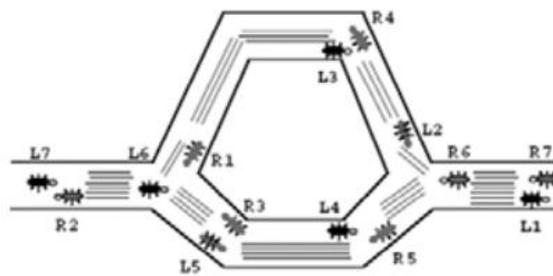
Las figuras 10 y 11 muestran lo que ocurre en los siguientes intervalos de tiempo, suponiendo que todas las hormigas caminan a una misma velocidad. El número de líneas es proporcional a la cantidad de feromonas que las hormigas han dejado en el suelo.



**Figura 10.** Elección de forma aleatoria entre los caminos inferiores y superiores

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Robles Algarín, 2010)

**Elaborado por.** (Robles Algarín, 2010)

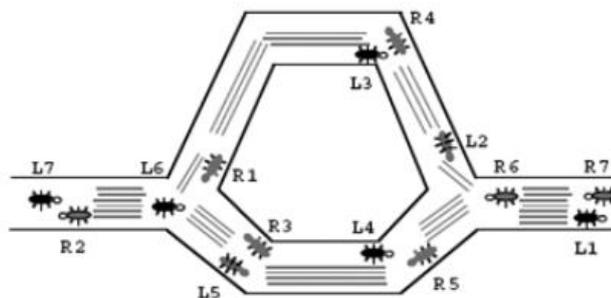


**Figura 11.** Efectos de la cantidad de hormigas que circulan por cada camino

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Robles Algarín, 2010)

**Elaborado por.** (Robles Algarín, 2010)

Como el camino inferior es más corto que el superior, una mayor cantidad de hormigas transitarán por él al mismo tiempo, esto da como resultado que el camino más corto se llene de feromonas más rápidamente. Después de un intervalo de tiempo la diferencia de feromona depositada en estos caminos es lo suficientemente grande como para influenciar en la decisión de las nuevas hormigas que recorran estos caminos (ver figura 12).



**Figura 12.** Mayor cantidad de feromonas en el camino más corto

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Robles Algarín, 2010)

**Elaborado por.** (Robles Algarín, 2010)

Como se observa en la figura 12 las nuevas hormigas que recorran estos caminos preferirán el camino inferior ya que perciben una mayor cantidad de feromona en este.

### **2.3.1 El mito de la hormiga reina**

Según (Johnson, 2003b) no hay jerarquías en el pensamiento de una colonia de hormigas, la reina no es una figura con autoridad. Pone huevos, es alimentada y cuidada por las obreras, no decide lo que hace cada obrera. En una colonia de hormigas, túneles, habitáculos y miles de hormigas separa a la reina, que está rodeada de obreras internas de las hormigas que trabajan fuera del hormiguero y que solo tienen acceso a las recámaras más cercanas a la superficie.

A la reina le sería imposible controlar a cada una de las obreras acerca de que tarea realizar y cuando hacerlo. Cuando un hormiguero se siente amenazado las hormigas cercanas a la reina la esconden en un refugio, esta actividad la hacen sin la orden de un líder, sino porque la reina es la responsable de engendrar a todos los miembros de la colonia, y su instinto es proteger a su madre, así como el instinto de recolectar alimento. La reina no entrena a sus hijos para que la protejan, esta información está en sus genes, lo hace la evolución.

### **2.3.2 Agregación**

Según (J. Aguilar, 2014) la agregación es uno de los fenómenos más básicos, muchas de las actividades de los insectos sociales están vinculadas a la agregación. En los insectos sociales la agregación juega un papel importante en la organización de su comportamiento social, por ejemplo búsqueda de alimento en las hormigas. La agregación también actúa como reguladora de las actividades colectivas, por ejemplo las excavaciones para construir nidos.

La agregación juega un papel importante en la cooperación y asignación de tareas en las colonias. El fenómeno de agregación es sensible a muchos factores ambientales o sociales, como la disponibilidad del espacio, la densidad de insectos, entre otros. En este fenómeno aparecen dos dinámicas (De Wolf & Holvoet, 2007):

- ✓ Los animales se agrupan, sin importar la heterogeneidad del medio ambiente
- ✓ El grupo de animales regula sus actividades, a través de las inter-relaciones sociales

Muchas feromonas de agregación se han identificado, por ejemplo las características de las hormigas y abejas de agregar los huevos y larvas en grupos diferentes. En general, una colonia de hormiga muestran (J. Aguilar, 2014):

- ✓ Un alto nivel de agregación que permite la formación de grupos
- ✓ A mayor número de hormigas en un grupo, mayor es el tiempo que permanecerá en el grupo
- ✓ La densidad de la población solo tiene una influencia débil en el proceso de agregación

Según (Franks & Sendova-Franks, 1992) en un cementerio de hormigas se muestra el fenómeno de agregación de cadáveres de los trabajadores, los cuerpos muertos son agrupados. Si hay heterogeneidad los grupos se forman a partir de dicha heterogeneidad.

La formación de cementerios en las colonias de hormigas depende del comportamiento individual de los trabajadores, que conduce a la creación de patrones, el cual se ve afectado por la densidad de los cadáveres, el espacio que ocupa el cementerio, entre otros. Esto muestra que la construcción de cementerios de las hormigas es un ejemplo de morfogénesis.

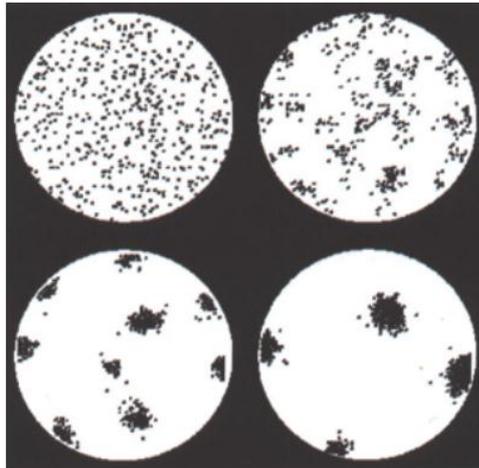
Como dice (Ramos & Merelo, 2002) los trabajadores ordenan los cadáveres u organizan un cementerio para limpiar sus nidos. Si hay cadáveres o partes de cuerpos lo suficientemente grandes distribuidos en el espacio, los trabajadores forman grupos. Se han propuesto dos modelos del fenómeno de agrupamiento y clasificación de cadáveres en las hormigas. Primero, la probabilidad de que un movimiento al azar de un trabajador sin carga, encuentre un objeto para recoger en un punto, viene dado por:

$$Pr = \left( \frac{k_1}{k_1 + f} \right)^2 \quad (1)$$

Donde  $f$  es la fracción percibida de elementos en la vecindad del trabajador,  $k_1$  es un umbral (constante). Cuando  $f \ll k_1$ ,  $Pr$  es cercano a 1, es decir la probabilidad de encontrar un elemento es alta cuando no hay muchos elementos en la zona. Segundo, la probabilidad de un trabajador con carga de depositar un objeto es:

$$Pd = \left( \frac{f}{k_2 + f} \right)^2 \quad (2)$$

Donde  $k_2$  es otro umbral (constante). Para  $f \gg k_2$ ,  $P_d$  es cercano a 1, es decir la probabilidad de depositar un elemento es alta cuando hay muchos elementos en la zona. Esto demuestra que la recogida o depósito de objetos obedece a normas opuestas.



**Figura 13.** Resultados de simulación con el modelo de recolección y depósito de objetos

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (J. Aguilar, 2014)

**Elaborado por.** (J. Aguilar, 2014)

En la figura 13 muestra algunos ejemplos de simulaciones del modelo de recolección y depósito de objetos. Se observa como grupos pequeños y espaciados, emergen en un tiempo corto, fundiéndose después con grupos más grandes.

## 2.4 Aplicaciones de sistemas emergentes

Los sistemas emergentes son aplicados en muchas áreas de conocimiento como: informática, economía, arquitectura, urbanización de ciudades, entre otras. En este apartado se habla de dos aplicaciones, un videojuego SimCity y Wikipedia la enciclopedia libre.

### 2.4.1 SimCity

Es un videojuego de construcción de ciudades al estilo norteamericano, la temática de este juego se enfoca en la creación, gestión y evolución de ciudades (ver figura 14). Está basado en el comportamiento de las colonias de hormigas.



**Figura 14.** Ejemplo de una ciudad creada con SimCity

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (SimsRoom, 2017)

**Elaborado por.** (SimsRoom, 2017)

El juego ofrece una gran variedad de objetos para decorar la ciudad, ya sea para fines decorativos o para lograr conseguir una mayor aprobación como alcalde por parte de los residentes. La gran comunidad que rodea el juego a logrado extenderlo, mejorando el algoritmo de búsqueda de objetos, añadiendo cantidad de edificios al juego, o convirtiéndolo en juegos diferentes, por ejemplo urbanizar marte o crear un complejo vacacional.

Algunas de las características emergentes que muestran las ciudades creadas por SimCity son:

- ✓ Los barrios se organizan espontáneamente siguiendo patrones complejos
- ✓ En las ciudades los motivos locales conllevan a macro-conductas en un nivel superior
- ✓ No hay reglas que rigen la organización de una ciudad, emergen a partir de consensos tácitos, por ejemplo la banca se sitúa en un sitio los latinos en otro, entre otros (Simcity.com, 2017).

#### **2.4.2 Wikipedia**

Enciclopedia de contenido libre basada en tecnología wiki. Esta tecnología permite que páginas web alojadas en un servidor público sean escritas de forma colaborativa a través de un navegador, conservando un historial de cambios que permite recuperar de manera sencilla cualquier estado anterior de la página. El calificativo libre se aplica tanto al uso del contenido como al desarrollo del mismo, por ello es de contenido abierto y su utilización está regida por la licencia GFDL (GNU Free Documentation License).

Es una aplicación que utiliza la inteligencia y colaboración de sus miembros para proporcionar servicios interactivos en red, dando a cada miembro el control de sus datos. A continuación se muestra algunas características de esta aplicación (J. L. Aguilar, 2015).

- ✓ Posee comportamientos emergentes
- ✓ Mezcla consenso-democracia y monarquía
- ✓ Tiene mecanismos de revisión de artículos, de políticas o normas, entre otros (Cada comunidad por idioma tiene sus propias normas)
- ✓ Cada usuario con un navegador puede crear o editar cualquier artículo
- ✓ Guarda un historial de versiones

## **2.5 Comunidades de Aprendizaje**

Una comunidad de aprendizaje puede definirse como un grupo de personas que aprenden en común, utilizando herramientas comunes en un mismo entorno. Según (Díez-palomar, 2010) las comunidades de aprendizaje son proyectos de transformación social y cultural de un centro educativo y su entorno.

Tomando como referencia estos conceptos se define la educación como un conjunto de prácticas sociales que permiten promover el desarrollo y la socialización de sus miembros, considerándola como una responsabilidad que compete a la sociedad en su conjunto.

Según (Ivonne et al., 2015) Las comunidades de aprendizaje cumplen con cuatro características:

- ✓ Otorgan gran valor a la inteligencia cultural de la que disponen todas las personas adultas.
- ✓ No buscan la adaptación del entorno cultural; por el contrario, intentan transformarlo, basándose en el argumento que las condiciones iniciales desfavorables no pueden condenar a las personas a permanecer en estado de desigualdad.
- ✓ Basan su pedagogía en el aprendizaje dialógico y cooperativismo.
- ✓ Se orientan bajo el principio de inclusión escolar, eliminando prácticas segregacionistas al considerar que todos pueden aprender y aportar su propio conocimiento y experiencia en un mismo entorno escolar.

Según (T. E. Pérez, Trabajo, Por, Pilar, & Hípola, 2010) las comunidades de aprendizaje se basan en varias prácticas educativas que inician a finales del siglo XIX. Entre ellas se encuentra la Escuela Experimental de Chicago fundada por John Dewey en 1896, el Colegio Experimental de la Universidad de Wisconsin fundada por Alexander Meiklejohn en 1927, y

los Círculos Culturales de Paulo Freire en Brasil en 1963. Además, en las Comunidades de Aprendizaje se perciben otros proyectos educativos que se basan en prácticas dialógicas y participativas de gran influencia en su desarrollo, como el Programa de Desarrollo Escolar (1968) (*School Development Program*) diseñado por James Comer de la Universidad de Yale, y el programa de las Escuelas Aceleradas (*Accelerated Schools*) en el año 1986, impulsado por Henry Levin profesor de la Universidad de Stanford.

Las escuelas aceleradas se basan en tres principios (T. E. Pérez et al., 2010):

- ✓ Conjugar los esfuerzos de padres, directores, alumnos, administradores, y la comunidad local en un esfuerzo común.
- ✓ Implicar a todos los miembros en las principales decisiones que se tomen y compartir la responsabilidad de desarrollarlas y de evaluar sus resultados.
- ✓ Construir la escuela compartiendo y utilizando los recursos de la comunidad.

Por lo tanto las comunidades de aprendizaje se basan en diversos programas y proyectos que se sustentan en el principio de la educación inclusiva.

Según (Flecha, 2003) El aprendizaje dialógico actúa como pilar fundamental de las comunidades de aprendizaje, ya que permite la educación y formación del alumnado en los contenidos que le harán competitivo en la sociedad de la información a la vez que establece un marco para la interacción orientado hacia la solidaridad, la igualdad y la transformación social. Como señala (Ribes, 2018) desde esta perspectiva del aprendizaje, se entiende que las personas aprenden a partir de las interacciones con otras personas. En el momento que nos comunicamos, y entablamos un diálogo con otras personas, damos significado a nuestra realidad.

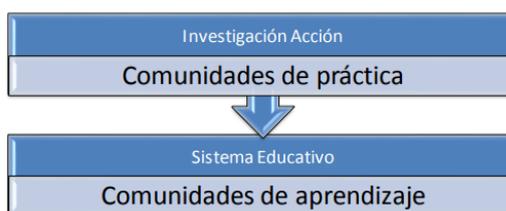
Como dice (Echeita Sarrionandia, 2006) El aprendizaje dialógico incluye, el desarrollo de las competencias instrumentales necesarias para subsistir en la sociedad de la información y de los valores requeridos para afrontar solidariamente la vida. Cuando las niñas y niños trabajan en grupos interactivos aprenden al mismo tiempo solidaridad. Ayudándose unos a otros, teniendo como objetivo personal el aprendizaje de todas y todos.

Por lo tanto, el aprendizaje dialógico transforma las relaciones entre sus personas y su entorno, esto conlleva a la transformación de las interacciones del alumnado con el entorno, a través de la participación activa, que favorece al aprendizaje.

### 2.5.1 Comunidades de práctica

Los seres humanos han formado comunidades que acumulan su aprendizaje colectivo en prácticas sociales llamadas comunidades de práctica (Kearney, Centre, & Formació, 1972).

Las comunidades de práctica dieron paso a las comunidades de aprendizaje, porque su énfasis no está solo en la generación de conocimiento, si no en utilización del conocimiento generado para transformar las estructuras sociales que conlleven la superación del ser humano (ver figura 15).



**Figura 15.** Paso de las comunidades de práctica a las comunidades de aprendizaje

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Morales et al., 2013)

**Elaborado por.** (Morales et al., 2013)

Las comunidades de práctica son grupos de personas que participan en sistemas de aprendizaje social:

- ✓ Comparten problemas, aspiraciones o necesidades sobre temas establecidos
- ✓ Reflexionan sobre temas comunes, exploran ideas y exploran nuevos procesos
- ✓ Profundizan sus conocimientos, adquieren experiencias, ofrecen y producen aprendizaje
- ✓ Incorporan el conocimiento como parte integral de sus actividades e interacciones
- ✓ Producen información que son parte de la vida de la comunidad (Martín, 2003)

### 2.5.2 ¿Qué son las comunidades de aprendizaje?

Según (Díez-palomar, 2010) las comunidades de aprendizaje son el motor de la sociedad, aduciendo al axioma “*pensar globalmente actuar localmente*”. Según (Longworth, 2003) las necesidades del aprendiz son importantes, pero el individuo está inmerso en la sociedad, y sus necesidades derivan de ella. Por eso los profesores deberán desarrollar un aprendizaje más versátil y adaptable, de destrezas y competencias.

Como dice (Ivonne et al., 2015) Las comunidades de aprendizaje son un proyecto de transformación social y cultural de un centro educativo y de su entorno para conseguir una sociedad de la información para todas las personas, basada en el aprendizaje dialógico, mediante una educación participativa de la comunidad, que se concreta en todos los espacios, incluido el aula.

Según (T. E. Pérez et al., 2010) Las comunidades de aprendizaje son un modelo de centro participativo abierto a la comunidad, para dar respuestas de forma igualitaria a los retos y necesidades que plantea la educación actual. Es un proyecto de transformación de los centros educativos que se basa en el aprendizaje dialógico y en la participación de la comunidad para cumplir con los objetivos: el éxito educativo de todo el alumnado y la mejora de la convivencia en los centros educativos. Las comunidades de aprendizaje buscan terminar con las desigualdades sociales y educativas desde la transformación del centro educativo y del contexto social.

Según (Díez-palomar, 2010) en las comunidades de aprendizaje se plantean la educación y la convivencia como parte de la transformación social y cultural de un centro educativo y su entorno basado en el aprendizaje dialógico. El aprendizaje dialógico se basa en la importancia y la riqueza que tienen las interacciones en los distintos contextos de aprendizaje y en el diálogo como acto de conocimiento en condiciones de igualdad y validez, lo que genera la reflexión y posibilita el aprendizaje (T. E. Pérez et al., 2010).

Según (Torres, 2004) Para que una comunidad de aprendizaje pueda existir debe cumplir como mínimo las siguientes condiciones:

- ✓ Situar a las personas o alumnos como centro de aprendizaje
- ✓ Permitir un acceso a la comunidad en igualdad de condiciones
- ✓ Facilitar la participación abierta
- ✓ Avanzar en las nuevas herramientas de la tecnología que favorezcan entornos modernos y flexibles
- ✓ Promover los cambios institucionales que favorezcan su desarrollo
- ✓ Buscar modelos efectivos para su funcionamiento (Díez-palomar, 2010)

Como plantea (T. E. Pérez et al., 2010) las comunidades de aprendizaje se basan en los siguientes principios:

- ✓ **Diálogo igualitario**, se produce cuando se valora las participaciones de cada participante.
- ✓ **Entre todos podemos**, la fuerza y el conocimiento necesario para la transformación de los centros escolares está dentro de ellos mismo y no fuera.
- ✓ **Grupos iterativos de aprendizaje**, con estos grupos se busca acelerar y potenciar el aprendizaje de quienes están en desventaja.
- ✓ **Querer para todos los alumnos lo mismo y al mismo nivel.**
- ✓ **Énfasis en la comunidad**, especialmente en las familias, potenciándolas y enriqueciéndolas en sus capacidades y en sus saberes.
- ✓ **Aprendizaje dialógico.**

El objetivo de las comunidades de aprendizaje es la inclusión de todo el alumnado y esto es posible con la participación de toda la comunidad educativa, es decir, los alumnos, los padres, los maestros, las personas voluntarias, entre otras, todos aquellos que forman parte de la comunidad y que participan en el proyecto (T. E. Pérez et al., 2010).

### 2.5.3 Desarrollo de una comunidad de aprendizaje

Según (Morales et al., 2013) Las fases para el desarrollo de las comunidades de aprendizaje son: creación, desarrollo y consolidación (ver figura 16).



**Figura 16.** Fases para el desarrollo de una comunidad de aprendizaje

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Morales et al., 2013)

**Elaborado por.** (Morales et al., 2013)

- ✓ **Creación**, se dan las siguientes sub-etapas: sensibilización, toma de decisiones, el sueño, la selección de prioridades, la organización en grupos de trabajos y la organización del aula (Rodríguez de Guzmán, 2009).
- ✓ **Desarrollo**, se debe fortalecer las principales características de una comunidad de aprendizaje, que son: 1. visión y valores compartidos, 2. responsabilidad colectiva para el aprendizaje del alumno, 3. curiosidad flexible por parte de los profesionales, 4. colaboración centrada en el aprendizaje, 5. aprendizaje profesional: individual y en

grupo, 6. miembros no solo docentes, 7. confianza, respeto y apoyo mutuo, 8. ser receptivos, relación entre centros y compañerismo (Louise Stoll, 2004), (ver figura 17).



**Figura 17.** Características de una comunidad de aprendizaje

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Morales et al., 2013)

**Elaborado por.** (Morales et al., 2013)

✓ **Consolidación**, se obtienen diferentes logros educativos, que incluyen:

- Una visión amplia de la educación
- La construcción de un conocimiento colectivo
- La superación de las barreras entre la educación formal, no formal e informal
- La adopción del concepto de aprendizaje a lo largo de la vida como principio organizativo de educación y como objetivo comunitario
- Usar las nuevas tecnologías de información y comunicación para crear nuevos espacios y escenarios educativos (Coll Salvador, 2004)

#### **2.5.4 Tipos de comunidades de aprendizaje**

Según (Coll Salvador, 2004) Existen cinco tipos de comunidades de aprendizaje que se muestran a continuación:

- ✓ **El aula como comunidad de aprendizaje**, se trata de la organización de una comunidad de aprendizaje dentro del salón de clases, con la participación de maestros y alumnos, y con el objetivo de mejorar la calidad del aprendizaje de todos. El aula como comunidad de aprendizaje requiere de colaboradores externos, por ejemplo, padres de familia o especialistas que aportarán con sus conocimientos.
  
- ✓ **Las escuelas como comunidades de aprendizaje**, las escuelas transformadas a comunidades de aprendizaje implica cambiar a una nueva cultura escolar basada en principios para la acción individual y grupal. Es también, pensar en un modelo de trabajo con centros mucho más cálidos, eficientes y equitativos, tanto para los profesores como para los alumnos. Para lograrlo como dice (Rodríguez Martínez, 2014) hay que transformar las escuelas heredadas de la sociedad industrial en comunidades de aprendizaje, que exige un modelo igualitario de sociedad de información. Según (Torres, 2004) presenta el siguiente resumen que se visualiza en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Diferencias entre escuelas y comunidades de aprendizaje

| <b>Actual sistema educativo</b>      | <b>Comunidad de aprendizaje</b>                                 |
|--------------------------------------|---|
| Niños y jóvenes aprendiendo          | Niños, jóvenes, docentes y miembros de la comunidad aprendiendo |
| Docentes enseñando                   | Aprendizaje inter-generacional y entre pares                    |
| Educación escolar                    | Educación escolar y extra escolar                               |
| Educación formal                     | Educación formal, no formal e informal                          |
| Proyecto educativo institucional PEI | Proyecto educativo comunitario                                  |
| Educación permanente                 | Aprendizaje permanente  |

**Fuente.** Recuperado en junio del 2017, de (Torres, 2004)

**Elaborado por.** (Torres, 2004)

- ✓ **Las comunidades profesionales de aprendizaje**, una comunidad de aprendizaje profesional es un grupo de personas, motivadas por una visión de aprendizaje común, que se apoyan y trabajan unidas (Louise Stoll, 2004), para mejorar el aprendizaje de todos los alumnos. Al principio, en las escuelas, las comunidades de aprendizaje se formaron por docentes, cuyo objetivo principal era mejorar la calidad del aprendizaje de sus alumnos. Como afirma (Louise Stoll, 2004) una comunidad de aprendizaje profesional eficaz tiene la capacidad de promover y mantener el aprendizaje de todos los

profesionales en la comunidad escolar con propósito común de mejorar el aprendizaje del alumno (Louise Stoll, 2004; Rodríguez de Guzmán, 2009).

- ✓ **Comunidades de aprendizaje virtuales**, Las comunidades virtuales son los agregados sociales surgidos en la red, cuando intervienen en un debate lo desarrollan en número y en contenido suficiente para formar redes de relaciones sociales en el ciberespacio. Y así, la comunidad virtual posibilita a cada sujeto ser autor, audiencia y comentarista participante de un foro de debate. Las comunidades virtuales como foco de aprendizaje pueden ser clasificadas como: comunidades de aprendizaje o comunidades de práctica.
  
- ✓ **El círculo de lectura como comunidad de aprendizaje**, es una organización en la que los participantes comparten puntos de vista, comentarios, entre otros, sobre los libros leídos. También es un recurso para apoyar la formación de los participantes quienes tienen la oportunidad de conversar, compartir experiencias y conocimientos con sus compañeros. Pensar y realizar los círculos de lectura como comunidades de aprendizaje permite que se aprenda a partir de la lectura y expresión de opiniones, también brindan una oportunidad para que sus participantes relacionen sus conocimientos de tipo académico con sus vivencias y la de sus compañeros (Morales et al., 2013).

### **2.5.5 Aprendizaje y comunidad**

Las comunidades de aprendizaje son un conjunto de personas que comparten elementos comunes y que tienen una identidad común. Las comunidades de aprendizaje tienen como objetivo conseguir una sociedad de la información para todas las personas. Es un proyecto que pretende que todos puedan participar y que se auto-organicen, para conseguir que todas las personas puedan acceder al máximo de posibilidades culturales y educativas (Mingorance & Estebanz, 2009).

### **2.5.6 Comunidades de aprendizaje en la sociedad de la información**

Según (Rodríguez Martínez, 2014), las tecnologías son clave en nuestra vida cotidiana y la internet ha revolucionado el acceso, la producción y el procesamiento de la información. Como dice (Rodríguez Martínez, 2014) las comunidades de aprendizaje son una respuesta eficiente a estos cambios, retos sociales y educativos introducidos por la sociedad de la información. Hoy en las aulas y otros espacios de las comunidades de aprendizaje, como las bibliotecas y las aulas digitales tutorizadas, hay varias personas adultas, incluyendo

voluntarios comprometidos con la educación de todos los niños. Entre los voluntarios encontramos desde familiares hasta exalumnos. Todas estas personas incorporan en el centro educativo una gran diversidad de perfiles, no solo en términos profesionales sino también culturales, étnicos, religiosos, de estilos de vida, lingüísticos (Rodríguez Martínez, 2014), entre otros.

Según (Rodríguez Martínez, 2014) en las comunidades de aprendizaje esta diversidad de alumnos y voluntarios se convierte en un factor de excelencia educativa. Por ejemplo los grupos interactivos. En estos grupos pequeños y heterogéneos los estudiantes colaboran de forma dialógica para resolver actividades de aprendizaje con la ayuda de personas adultas (Rodríguez Martínez, 2014).

Como señala (Rogoff, 1993), en esa diversidad se producen diálogos que hubiesen sido imposibles en grupos homogéneos y segregados, aumentando el aprendizaje de los estudiantes y mejorando la convivencia intercultural. Al mismo tiempo, las interacciones entre los estudiantes con diferentes niveles de competencia benefician a los estudiantes con mayor y menor nivel, ya que en el proceso de ayudarse se dan muchos momentos para reforzar lo que se sabe, identificar lagunas y errores de comprensión para enriquecer el conocimiento con puntos de vista alternativos (Rodríguez Martínez, 2014).

De esta forma, las comunidades de aprendizaje están demostrando que es, a través de la inclusión, la heterogeneidad e agregando más recursos humanos en las aulas, es como mejoran los aprendizajes de todo el alumnado.

### **2.5.7 Las comunidades de aprendizaje. Una realidad de educación inclusiva**

Según (T. E. Pérez et al., 2010) las comunidades de aprendizaje se consideran una mejora educativa que persigue una educación de calidad, con altas expectativas académicas para todos los alumnos sin excepciones. De forma general el transformarse en una comunidad de aprendizaje se considera la base para llegar hacer una escuela ideal. Las comunidades de aprendizaje es una alternativa eficaz a los diferentes problemas a los que se enfrentan las instituciones educativas como es: el fracaso escolar, el absentismo, la violencia, las desigualdades sociales, entre otras.

El aprendizaje cooperativo entre alumnos es una estrategia fundamental de las comunidades de aprendizaje. La idea principal del aprendizaje cooperativo, se basa en la

propuesta de una serie de estrategias de instrucciones sistemáticas y estructuradas que contribuyan a que cada grupo de alumnos, aun siendo de diferente nivel de rendimiento, de sexo opuesto, de diferentes grupos sociales, o con necesidades educativas especiales puedan trabajar juntos en la consecución de un mismo aprendizaje (Galán, Galán, & Los, 2009).

Este ambiente de cooperación es la característica que hace que un grupo de personas que trabajan juntas formen una comunidad, que un grupo de maestros, estudiantes, sus padres y familiares, formen una comunidad educativa (T. E. Pérez et al., 2010).

Según (T. E. Pérez et al., 2010) otro pilar fundamental y esencial de las comunidades de aprendizaje es el aprendizaje dialógico, que parte de la concepción de aprendizaje cultural, que engloba la inteligencia académica, la inteligencia practica y la inteligencia comunicativa.

En conclusión las comunidades de aprendizaje ofrecen una realidad educativa donde la inclusión de todo el alumnado es posible.

## 2.6 Vinculación entre sistemas emergentes y comunidades de aprendizaje

Tomando en cuenta los apartados **2.3.2** y **2.5** se propone formar grupos o comunidades de aprendizaje de individuos, estos individuos pueden ser: personas, animales o cosas; tomado en cuenta sus habilidades o características. Por ejemplo, ver Tabla 3.

**Tabla 3.** Ejemplo de individuos con sus habilidades o características

|    | I1 | I2 | I3 | I4 | I5 | ... | In |
|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| X1 | v  | v  | v  | v  | v  | ... | v  |
| X2 | v  | v  | v  | v  | v  | ... | v  |
| X3 | v  | v  | v  | v  | v  | ... | v  |
| X4 | v  | v  | v  | v  | v  | ... | v  |
| X5 | v  | v  | v  | v  | v  | ... | v  |
| .  | .  | .  | .  | .  | .  | .   | .  |
| .  | .  | .  | .  | .  | .  | .   | .  |
| .  | .  | .  | .  | .  | .  | .   | .  |
| Xn | v  | v  | v  | v  | v  | v   | v  |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

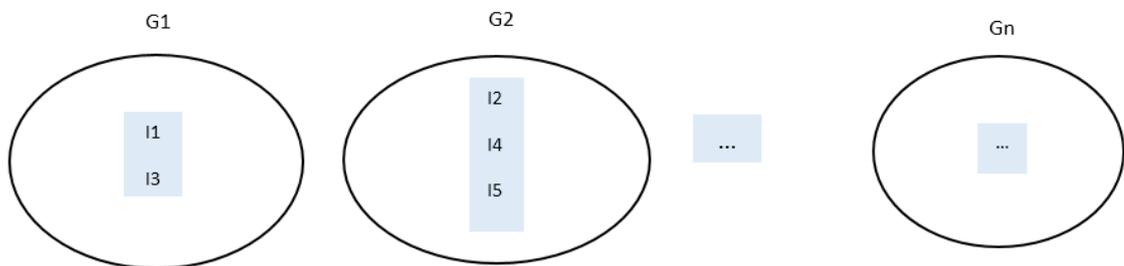
**Donde:**

$v$ : Valor numérico que representa si el individuo cumple o no con la habilidad o característica

$X_n$ : Total de habilidades o características

$I_n$ : Total de individuos

El resultado de aplicar la técnica de “ordenamiento y agrupación”, que se explica en el capítulo 3; se obtiene grupos de individuos con habilidades o características semejantes. Por ejemplo, una posible representación de la Tabla 3 en agrupaciones, sería la siguiente, (ver Figura 18).



**Figura 18.** Posible representación de las agrupaciones

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

**Dónde:**

$I$ : Individuo

$G_n$ : Total de grupos

## 2.7 Métricas para evaluar los agrupamientos

Métrica es una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo determinado. Reúne y relaciona medidas en varios puntos (promedio, mediana, tasa, razón) (Roger, 2009).

Para validar la calidad de las comunidades creadas se evalúan mediante las métricas de **cohesión** y **separación**.

### 2.7.1 Cohesión

Esta métrica consiste que el individuo de cada comunidad debe estar lo más cercano posible a los otros individuos de la comunidad. Se calcula considerando la distancia

promedio entre los elementos de las comunidades y su centroide. Para obtener esta métrica se usa la siguiente ecuación:

$$C_o = \frac{\sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^n \sum_l^{Ca} |X_{jl}, P_{il}|}{C * N} \quad (3)$$

**Donde:**

$C$ : Total de comunidades

$n$ : Número de individuos en la comunidad  $C$

$Ca$ : Número de características a comparar

$N$ : Total de individuos

$X_{jl}$ : Uno si cumple la característica  $l$  en el individuo  $j$ , cero de lo contrario

$P_{il}$ : Patrón de la comunidad  $i$

### 2.7.2 Separación

El objetivo de esta métrica es que las comunidades deben estar ampliamente separadas entre ellas. El enfoque utilizado para obtener esta métrica es la distancia promedio entre los patrones de las comunidades (centroides). Para el cálculo se usa la siguiente formula:

$$Sep = \frac{\sum_{i=1}^{C-1} \sum_{j=i+1}^C \sum_l^{Ca} |P_{jl}, P_{il}|}{C^2} \quad (5)$$

**Dónde:**

$C$ : Total de comunidades

$Ca$ : Número de características a comparar

$P_{jl}$ : Patrón de la comunidad  $j$

$P_{il}$ : Patrón de la comunidad  $i$

## 2.8 Trabajos relacionados

En esta sección se muestran ejemplos de agrupamientos en las colonias de insectos y en el moho de fango. A demás, se muestran estudios sobre competencias socio-emocionales y creatividad según el nivel de inteligencia.

### **2.8.1 División del trabajo en colonias de insectos sociales**

Según (T. D. Seeley, Kühnholz, & Weidenmüller, 1996), todas las organizaciones que poseen una división de trabajo, se enfrentan al problema de mantener una asignación adecuada de los distintos trabajos entre sus miembros de la organización. Lo ideal sería que para cada tarea, es decir, la oferta de mano de obra se mantenga en equilibrio con la demanda laboral.

Como expresa (Thomas D. Seeley, 1989; Thomas D Seeley, 2002), las colonias de insectos sociales resuelven el problema de asignación de mano de obra sin un control central. En lugar de eso, cada trabajador independiente, adquiere información sobre las necesidades de trabajo de la colonia, y decide sobre la tarea que debe realizar. Para comprender como las colonias de insectos sociales resolvieron el problema de asignación de mano de obra, necesitamos entender como los trabajadores adquieren información sobre las necesidades de trabajo de la colonia. Por ejemplo, en una colonia de abejas un indicador parece ser la danza.

Según (J. Aguilar, 2014), unas de las ventajas de las colonias sociales es la capacidad para asignar grandes números de individuos a una tarea clave para la colonia, o realizar múltiples tareas simultáneamente, o dividir grandes tareas en varias más pequeñas. En la mayoría de las especies de los insectos sociales, los trabajadores muestran un politeísmo temporal, lo que les posibilita realizar diferentes conjuntos de tareas en diferentes momentos. También en ciertas colonias de insectos, los individuos jóvenes suelen trabajar cerca del centro del nido, y los individuos de mediana edad trabajan en lugares que están más alejados del nido. De esta manera, la edad es otra forma de dividir el trabajo en la colonia.

Como conclusión en las colonias de insectos sociales, la forma como se agrupan para realizar las diferentes tareas de la colonia lo hacen sin un organizador central, sino que se agrupan dependiendo de la importancia que tenga la tarea en ese instante para la colonia, de la experiencia y edad de los trabajadores, entre otras. Es decir, se auto-organizan dependiendo de la información que tengan para cumplir con las diferentes tareas de la colonia.

### **2.8.2 Transporte de objetos en la colonia de hormigas**

Como señala (Kube & Bonabeau, 2000), en varias especies de insectos, los trabajadores cooperan para trasladar y recuperar grandes presas u objetos. Las hormigas son capaces de recuperar colectivamente grandes objetos, que son imposibles de trasladar por una sola hormiga. Por ejemplo, una hormiga encuentra un objeto (una hoja) e intenta trasladarla sola. Cuando lo logra lo lleva al nido, pero cuando no puede, la hormiga trata de reclutar a otras a través de trazas o por el contacto directo. Si después, de un cierto tiempo el grupo de hormigas aún no puede moverlo, reclutan a más hormigas para transportar el objeto.

Debido a la gran variedad de objetos que puede transportar una hormiga, el método usado es determinado por la masa y forma del objeto a transportar. Por ejemplo, algunas especies de hormigas descomponen el objeto a transportar en pedazos que pueda transportar una sola hormiga. En otros casos, prefieren el transporte en grupo. En el transporte en grupo usan un método que consiste en: realineamiento y reposicionamiento. Según esto, una hormiga intenta mover un objeto, y si se resiste el objeto, realinea la posición de su cuerpo y vuelve a intentarlo. Si el realineamiento no es suficiente cambia de posición. Si varios reposicionamientos no es suficiente, entonces la hormiga recluta a otras (Kube & Bonabeau, 2000).

Según (J. Aguilar, 2014), el reclutamiento para el transporte de un objeto puede ser de dos tipos: en el primer caso, se deja una traza en el aire cercana al objeto a transportar, de tal manera que las hormigas cercanas a la zona sean atraídas rápidamente. Si no es suficiente con las hormigas reclutadas, las hormigas dejan un rastro de feromona desde el objeto hasta el nido, las hormigas son estimuladas para dejar el nido y seguir el rastro de feromona. Los grupos de reclutas dependen de la dificultad encontrada en los primeros intentos para transportar el objeto. La dificultad de transportar el objeto en los primeros intentos sirve para estimar el peso del objeto. El reclutamiento cesa cuando el objeto puede ser transportado en una dirección bien definida.

La coordinación en el grupo de reclutas se requiere, para producir los cambios orientacionales y posicionales respectivos en el grupo. Cuando hay un bloqueo en el transportamiento del objeto, por que las fuerzas ejercidas por las reclutas están en sentido contrario o se encontraron con un obstáculo en el camino, realizan el mismo procedimiento que al principio, se procede al realineamiento y reposicionamiento del grupo y si esto no funciona se procede a reclutar más hormigas.

### **2.8.3 El comportamiento del moho de fango**

Según (Johnson, 2003b) si se observa el moho de fango descubrirán que se desplaza muy lentamente por el suelo. Si las condiciones climáticas cambian y el tiempo se vuelve más húmedo y frío, puede ocurrir que regresen al mismo sitio y comprueben ha desaparecido por completo. ¿Se ha marchado hacia alguna otra parte del bosque? ¿Se ha desvanecido en el aire como se evapora un charco?

No hay tal desaparición, las células del moho del fango, ofrecen un ejemplo fascinante del comportamiento de un grupo coordinado.

El moho de fango pasa buena parte de su vida como miles de organismos unicelulares distintos; cada uno se mueve independientemente de sus otros compañeros. Bajo las condiciones adecuadas se producirá la unión de esas células en un solo organismo mayor. Cuando el entorno es menos favorable, el moho de fango se comporta como un organismo aislado.

Hace algún tiempo, los investigadores pensaban que las células del moho de fango segregaban una sustancia común llamada “acrasina” (o AMPC) que estaba vinculada al proceso de agregación. Sin embargo, hasta que Keller comenzó sus investigaciones se creyó que las colonias de moho de fango se formaban al mando de células “marcapasos” que ordenaban a las otras células comenzar dicho proceso de agregación. La agregación del moho de fango era una gran cadena telefónica, pero sólo unas pocas células de élite hacían la llamada original. Parecía algo sensato. La mayoría de nuestros actos parecen gobernados por las células “marcapasos” del cerebro. Buena parte del mundo que nos rodea puede explicarse en términos del sistema de mando y jerarquías: ¿por qué habría de ser diferente para el moho de fango? (Johnson, 2003b).

Sin embargo, esta teoría tenía un pequeño problema: nadie lograba encontrar a los “marcapasos”. Se presuponía la existencia de una monarquía celular que gobernaba a las masas, pero resultó ser que todas las células del moho de fango eran iguales.

En 1969, Keller y Segel afirmaban que si cada célula aislada segregaba AMPC, basándose simplemente en su percepción local de las condiciones generales, la comunidad del moho de fango sería capaz de agregarse sobre la base de los cambios globales en el entorno sin un marcapasos al mando.

Los experimentos probaron que las células del moho de fango se organizaban desde abajo. La agregación del moho de fango es reconocida como un caso clásico para el estudio de la conducta ascendente o “bottom-up”, (Johnson, 2003b).

#### **2.8.4 Competencias socio-emocionales y creatividad según el nivel de inteligencia**

Analiza las diferencias en las competencias socio-emocionales y creatividad de distintos grupos organizados por niveles de inteligencia (alta, media, baja) así como la relación entre las competencias socio-emocionales y la creatividad según dichos niveles (Sainz et al., 2011).

El estudio se hizo en una muestra de 679 alumnos con edades comprendidas entre los 12 y 18 años. Todos ellos están cursando la secundaria en distintos centros de la comunidad de Valencia (España). Se valoraron los siguientes aspectos (Sainz et al., 2011):

- a) La competencia socio-emocional
- b) La capacidad cognitiva
- c) La creatividad

Los datos indicaron la existencia de diferencias estadísticas significativas en la autopercepción de la competencia emocional total y en la elaboración de la creatividad según el nivel intelectual de los participantes (Sainz et al., 2011).

#### **2.8.5 Estudio de la segregación socioeconómica y académica de la educación chilena**

La noción básica que vincula los conceptos de efecto de los compañeros y segregación escolar postula que, si se concentran en determinadas escuelas o salas de clase, alumnos de menores capacidades o recursos, estos tendrán menos oportunidades de lograr aprendizajes, pues la mayor parte de sus compañeros presentará similares atributos o dificultades; esta desventaja adicional de los grupos de menores recursos en situación de segregación, opera tanto a nivel del contexto del aula-escuela como de los procesos de enseñanza-aprendizaje, ejerciendo efectos directos sobre los alumnos afectados e indirectos, especialmente por la vía de los docentes y los recursos disponibles en la escuela (Bellei, 2013).

Lo opuesto ocurrirá si se segrega a los alumnos con mayores recursos o capacidades. De esta forma, siguiendo con la terminología previamente establecida, la segregación escolar multiplicaría los “recursos facilitadores” para los alumnos no-vulnerables y los dividiría para los vulnerables; y realizaría la operación inversa con los “recursos obstaculizadores” (Bellei, 2013).

Como se mencionó antes, no existe total claridad sobre si el efecto de los compañeros es homogéneo o heterogéneo entre categorías de alumnos, sin embargo, desde el punto de vista del logro académico de los alumnos, los estudios tienden a coincidir en que escuelas y aulas menos segregadas benefician comparativamente a los alumnos más “vulnerables” (ya sea en términos económicos, raciales o académicos), quienes son asimismo más afectados negativamente por los contextos segregados. Mayor discrepancia ha existido en cambio en determinar si los alumnos “aventajados” son también beneficiados en contextos heterogéneos, si les son indiferentes o si son perjudicados (Bellei, 2013).

**CAPITULO III.**  
**ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA “ORDENAMIENTO Y AGRUPACIÓN”**

En este capítulo se realiza un análisis y diseño de la técnica “ordenamiento y agrupación”. En la sección 3.1, se describe de forma general las variables a comparar y como la data debe estar estructurada. En la sección 3.2, se diseña el modelo matemático y los algoritmos de la técnica “ordenamiento y agrupación”. En la sección 3.3, se explica la tecnología necesaria para implementar el prototipo de sistema web.

### 3.1 Descripción general de la técnica “ordenamiento y agrupación”

La técnica “ordenamiento y agrupación” permite la creación de comunidades de aprendizaje, las cuales van emergiendo conforme a sus perfiles y necesidades.

Tomando como referencia el apartado 2.6. Para implementar la técnica de “ordenamiento y agrupación”, se plantean variables del contexto educativo, en este ejemplo los individuos son estudiantes. Se proponen cuatro variables generales:

- ✓ Nivel de interacción
- ✓ Uso de herramientas TIC
- ✓ Rendimiento académico
- ✓ Información demográfica

La tabla 4 presenta un ejemplo de las cuatro variables usadas en el modelo, y como ellas pueden ser caracterizadas desde entornos reales. Por ejemplo, el nivel de interactividad puede ser definido según el uso de foros, chats, entre otros. De esta manera, se puede caracterizar el comportamiento de cualquier estudiante, tal que el valor 0 o 1 representan el no cumplimiento o cumplimiento de ese comportamiento en un individuo, respectivamente.

**Tabla 4.** Características de los individuos

| <b>Categoría</b>        | <b>características</b>        | <b>I1</b> | <b>I2</b> | <b>I3</b> |
|-------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Nivel de interacción    | uso de foros                  | 1         | 1         | 0         |
|                         | uso de chat                   | 1         | 1         | 0         |
|                         | lecturas de documentos        | 1         | 1         | 0         |
|                         | consultas al profesor         | 1         | 1         | 0         |
|                         | interacción en individuos     | 1         | 1         | 0         |
|                         | interacción con cuestionarios | 1         | 1         | 0         |
|                         | envío de tareas               | 1         | 1         | 0         |
| uso de herramientas TIC | video                         | 1         | 1         | 0         |
|                         | herramientas sociales         | 1         | 1         | 0         |

|                         |                  |   |   |   |
|-------------------------|------------------|---|---|---|
|                         | documentos       | 1 | 0 | 0 |
|                         | podcast          | 1 | 0 | 1 |
|                         | textos físicos   | 1 | 0 | 1 |
|                         | textos digitales | 1 | 0 | 1 |
| rendimiento académico   | notas académicas | 1 | 0 | 1 |
| información demográfica | edad             | 1 | 0 | 0 |
|                         | sexo             | 1 | 0 | 0 |
|                         | ciclo            | 1 | 0 | 0 |
|                         | titulación       | 1 | 0 | 0 |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

### 3.2 Modelo matemático

El presente modelo se basa en la técnica de **agregación** de una sociedad de insectos. El modelo matemático usa las ecuaciones 1 y 2 definidas en el apartado 2.3.2. En este caso  $f$  es sustituido por  $d$ , y las variables tienen el siguiente significado:

$Pd$ : Probabilidad de depósito.

$Pr$ : Probabilidad de recolección.

$k1, k2, umbral1, umbral2$ : Son variables (umbrales).

$d$ : Es la distancia que hay entre las características del individuo y la comunidad de aprendizaje.

El modelo requiere determinar el patrón de cada comunidad  $P_{C_a}$ , para lo cual usa las características de los individuos que la conforman  $I1, \dots, In$ . Este patrón es un vector, que se obtiene según la Tabla 5:

**Tabla 5.** Patrón de la comunidad de aprendizaje  $C_a$

|          |       |          |   |
|----------|-------|----------|---|
|          | $C_a$ |          |   |
| $I_1$    | ...   | $I_n$    | $P_{C_a}$   |
| $X_{11}$ | ...   | $X_{1n}$ | <i>multiplicación</i> { $X_{11}, \dots, X_{1n}$ } |
| $X_{21}$ | ...   | $X_{2n}$ | <i>multiplicación</i> { $X_{21}, \dots, X_{2n}$ } |
| .        | .     | .        | .   |
| .        | .     | .        | .   |
| .        | .     | .        | .   |
| $X_{m1}$ | ...   | $X_{mn}$ | <i>multiplicación</i> { $X_{m1}, \dots, X_{mn}$ } |

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

**Donde:**

$C_a$ : Comunidad  $a$

$P_{C_a}$ : Patrón de la comunidad de aprendizaje  $a$

$n$ : Número total de individuos que pertenecen a la comunicad de aprendizaje

$m$ : Número de características de la comunidad

$X_{ij}$ : {1 si se cumple ese comportamiento  $i$  en ese individuo  $j$ ; 0 de lo contrario, ver Tabla 4}

Con ese patrón, ahora podemos comparar cualquier individuo con una comunidad de aprendizaje. Para ello, se utiliza la ecuación 6:

$$d_{i,C_a} = \sum_{j=1}^m \text{comparar}(X_{j,i}, P_{C_a}) \quad (6)$$

**Donde:**

$d_{i,C_a}$ : Es la distancia del individuo  $i$  a la comunidad  $C_a$ .

$m$ : Total de características de la comunidad.

$X_{j,i}$ : Característica  $j$  del individuo  $i$ .

*comparar (entrada1, entrada2)*: Método que compara la *entrada1* y *entrada2*, tal que si  $\text{entrada1} = \text{entrada2}$ , el valor de salida es 0, caso contrario el valor de salida es 1 (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018).

Ahora se calcula el inverso de la distancia que existe entre el patrón de características de cada individuo y el patrón de cada comunidad:

$$d = \frac{1}{d_{i,C_a}} \quad (7)$$

En las ecuaciones (1) y (2) se usa el valor de la ecuación (7) para determinar los estados de mover o dejar en un individuo de una comunidad, de la siguiente manera (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018):

- ✓ Si  $P_R(i, C_a)$ , es mayor al  $umbral_1$  el individuo  $i$  tiene que recolectarse de la comunidad  $C_a$ , por lo tanto se asigna al individuo  $i$  el estado recolectar, de otra manera permanece con el estado dejar.
- ✓ Si  $P_d(i, C_a)$ , es mayor al  $umbral_2$  el individuo  $i$  se deposita en la comunidad  $C_a$ , de otra manera se debe continuar identificando la comunidad de aprendizaje para ese individuo (puede ser una existente, o creársele una nueva compuesta por él) (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018).

El macro-algoritmo general de nuestro modelo emergente es:

**Tabla 6.** Macro-algoritmo general

| <b>Macro-algoritmo 0: Creación de comunidades</b>        |
|--|
| Inicio creacion_comunidades                              |
| Si Comunidades==0  |
| Crear Comunidades  |
| Sino   |
| Si ya existe una colección de comunidades de aprendizaje |
| Reajustar comunidades                                    |
| Fusionar comunidades                                     |
| Fin creacion_comunidades                                 |

**Fuente.** Recuperado en enero del 2018, de (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018)

**Elaborado por.** (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018)

Este macro-algoritmo general determina que debe hacer el sistema, si es crear una nueva comunidad (cuando no existen comunidades) o debe actualizar las existentes, lo que eventualmente puede conllevar a fusionarlas. A continuación se describe cada macro-algoritmo invocado por el macro-algoritmo 0 (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018).

**Tabla 7.** Creación de comunidades

| <b>Macro-algoritmo 1: Crear comunidades</b>   |
|---|
| <p><b>Repetir por cada individuo nuevo</b></p> <p>Si <math>C_a == 0</math></p> <p>Formar nueva comunidad ( Crear <math>C1</math> )</p> <p>Patrón <math>C1</math> = valor de las características</p> <p>Sino</p> <p><b>Si la comunidad tiene un solo individuo</b></p> <p>Patrón <math>CI_{ij}</math> = a las características del individuo</p> <p>Sino</p> <p>Patrón <math>CI_{ij}</math> = a la multiplicación de las<br/>características de cada individuo</p> <p>comunidad_similar = <b>False</b></p> <p><b>Repetir para cada comunidad</b></p> <p>Calcular la <math>d</math> entre el patrón de características del individuo nuevo y el patrón de la comunidad</p> <p>Calcular la <math>Pd</math></p> <p>Si <math>Pd &gt; umbral2</math> entonces</p> <p>comunidad_similar = <b>True</b></p> <p>Depositar individuo nuevo en la comunidad <math>CI_{ij}</math></p> <p>Calcular el patrón de la nueva comunidad <math>CI_{ij}</math></p> <p><b>Fin Repetir</b></p> <p>Si <b>comunidad_similar = False</b> entonces</p> <p>Formar nueva comunidad con el individuo nuevo <math>C_j</math></p> <p>Patrón <math>C_j</math> = a las características del nuevo individuo</p> <p><b>Fin Repetir</b></p> |

**Fuente.** Recuperado en enero del 2018, de (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018)

**Elaborado por.** (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018)

El macro-algoritmo 1 llamado “Crear comunidades” es utilizado en el caso en el que no existe comunidades creadas en un principio, es decir, donde  $C_a = 0$ , que es cuando llega un nuevo individuo y no existe ninguna comunidad. El primer paso sería crear una comunidad formada por el mismo individuo. En caso de que llegue otro individuo y exista alguna comunidad, se deberá realizar la comparación entre el individuo y el patrón de las comunidades existentes (ver ecuación 6), para verificar si el individuo cumple las condiciones para ser depositado en alguna de esas comunidades. Caso contrario se debe

crear una nueva comunidad, y así sucesivamente, para los nuevos individuos que vayan apareciendo en el sistema (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018).

**Tabla 8.** Reajustar comunidades

| <b>Macro-algoritmo 2: Reajuste de comunidades</b>   |
|---|
| <p><b>Repetir para todas las comunidades</b></p> <p>Calcular el patrón de la comunidad <math>Pc_a</math></p> <p><b>Repetir para cada individuo</b></p> <p>Calcular la distancia entre el individuo <math>i</math> con la comunidad</p> <p>Si <math>Pr &gt; umbral1</math> entonces</p> <p style="padding-left: 40px;">matriz_movidos = matriz_movidos + individuo <math>i</math></p> <p><b>Fin Repetir</b></p> <p><b>Fin Repetir</b></p> <p><math>n = 0</math></p> <p><b>Mientras (<math>n &lt; tamaño(matriz\_movidos)</math>)</b></p> <p>comunidad_similar = <b>False</b></p> <p><b>Repetir para todas las comunidades</b></p> <p>Calcular la <math>d</math> entre el individuo <math>i</math> y el patrón de la comunidad</p> <p>Calcular <math>Pd</math></p> <p>Si <math>Pd &gt; umbral2</math> entonces</p> <p style="padding-left: 40px;">comunidad_similar = <b>True</b></p> <p style="padding-left: 40px;">Depositar individuo <math>i</math> en la comunidad <math>CI_{ij}</math></p> <p style="padding-left: 40px;">Calcular el patrón de la nueva comunidad <math>CI_{ij}</math></p> <p><b>Fin Repetir</b></p> <p>Si <b>comunidad_similar = False</b> entonces</p> <p style="padding-left: 40px;">Formar nueva comunidad con el individuo <math>i</math></p> <p style="padding-left: 40px;">Patrón nueva comunidad = a las características del individuo <math>i</math></p> <p><math>n = n+1</math></p> <p><b>Fin Mientras</b></p> |

**Fuente.** Recuperado en enero del 2018, de (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018)

**Elaborado por.** (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018)

El macro-algoritmo 2, lo que hace es un reajuste de comunidades que están ya creadas, con individuos agrupados no necesariamente con características similares, este reajuste consiste en ir verificando si los individuos que conforman una comunidad comparten similares características, caso contrario deben ser retirados de las comunidades en las que se encuentran y depositados en comunidades que tengan características similares. Así para cada uno de esos individuos a migrar, el macro-algoritmo 2 primero verificará si el individuo

puede ser depositado en una comunidad existente, caso contrario se deberá crear una nueva comunidad (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018).

**Tabla 9.** Fusión de comunidades

| <b>Macro-algoritmo 3: Fusión de comunidades</b>   |
|---|
| <pre> fusion_c = False Mientras (fusion_c = True)     Obtener los <b>patrones(centroides)</b> de cada <b>comunidad</b>     Repetir para cada <b>centroide</b> de cada <b>comunidad</b>         Comparar (<b>centroide, centroide+1</b>)         Calcular la <b>d</b>         Calcular <b>Pd</b>         Si <b>Pd &gt; umbral2</b> entonces             fusion_c = True             <b>nueva_comunidad = unión(comunidad, comunidad+1)</b>             Eliminar <b>comunidad</b> y <b>comunidad+1</b>             Enviar a reajustar <b>nueva_comunidad</b>             <b>##Terminamos el bucle Repetir</b>             <b>break</b>         Fin de Repetir     Fin Mientras </pre> |

**Fuente.** Recuperado en enero del 2018, de (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018)

**Elaborado por.** (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018)

Una vez que se tienen las comunidades creadas, se debe entrar a una fase para verificar si existen comunidades iguales. Para ello, se debe pasar por un proceso de análisis de las posibles fusiones de comunidades, usando el macro-algoritmo 3. Este algoritmo lo que hace es verificar los centroides, si los centroides son iguales las comunidades se deben fusionar y nuevamente hacer el proceso de retirar los individuos que no se ajusten a esa comunidad y hacer el reajuste de la misma (Barba, Valdiviezo and Aguilar, 2018).

### 3.3 Implementación

Para la implementación del prototipo de **sistema web** se optó por los frameworks: **django**, **bootstrap** y el gestor de base de datos **postgresql**.

La figura 19 muestra la secuencia que hace el **Sistema Web**, para ejecutar una solicitud del navegador.

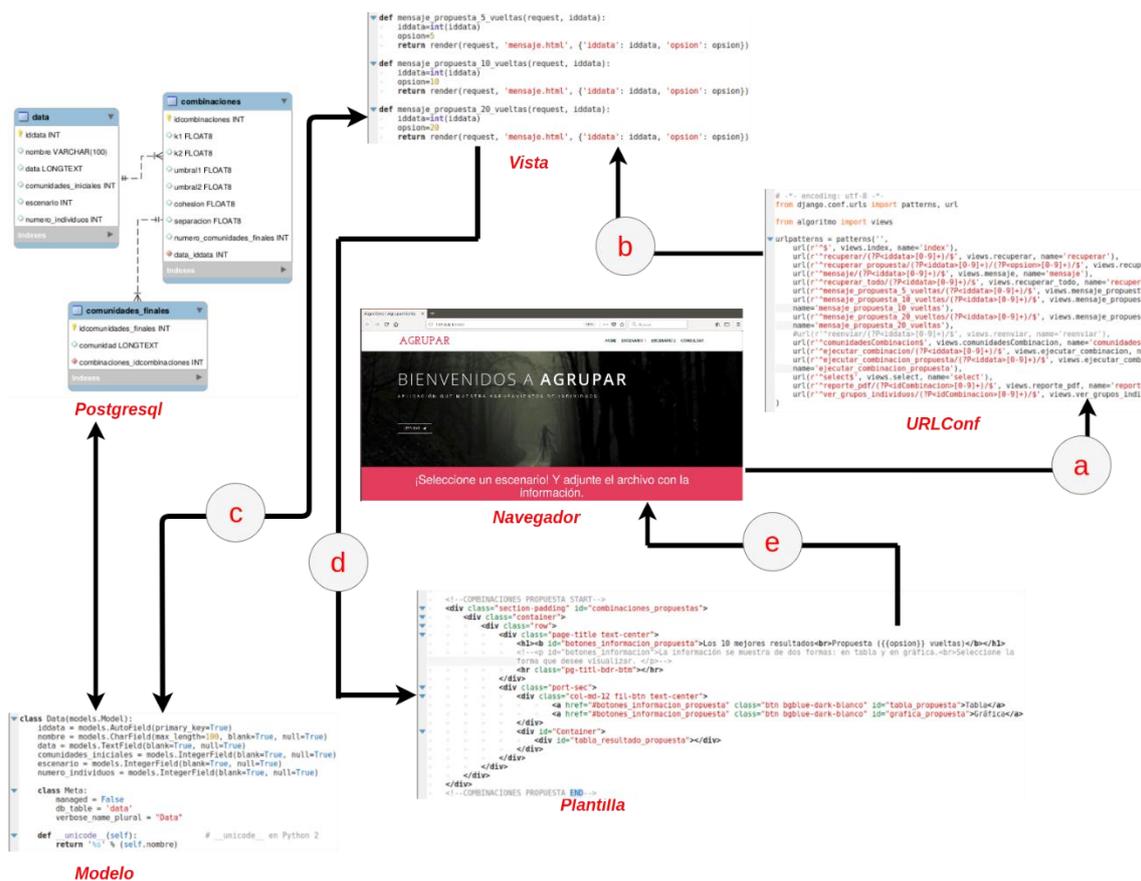


Figura 19. Clases y Diagramas del Sistema Web

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

A continuación, se explica de forma general cada paso:

a) El navegador envía una solicitud, el URLConf interpreta la solicitud y ubica la vista apropiada. En este caso el **Sistema web** consta de tres páginas:

- **Página principal**, aquí muestra información de cómo debe estar la data organizada para cada escenario, y los formularios necesarios para subir la data y enviarla a procesar.
- **Mensaje**, Se muestra un mensaje cuando la data está procesándose. El procesamiento de esta data puede demorar un tiempo considerable, dependiendo del número de individuos a procesar, entre más individuos, mayor es el tiempo.
- **Resultado**, Aquí se muestra los resultados del procesamiento de la data. Este procesamiento costa de varios ciclos repetitivos, con el objetivo de obtener varias combinaciones para las variables: `k1`, `k2`, `umbral1`, `umbral2`, dependiendo del escenario.

Los valores que pueden tener cada variable, van desde 0.1 hasta 0.9. Cuando terminan los ciclos repetitivos, se seleccionan los 10 mejores resultados, esta selección se hace a través de las métricas de **cohesión** y **separación**. Una selección buena es cuando, la cohesión es lo más cercana a cero, y la separación lo más alejada de cero. Luego, se muestra en una tabla resumen las combinaciones seleccionadas, con sus respectivas cohesión y separación. También se puede ver las comunidades de aprendizaje finales (como están agrupadas y los miembros de cada comunidad), de cada combinación.

Tenga en cuenta que el procesamiento de la data se hace en las vistas, en las plantillas se muestran datos (resultados). Para la maquetación de estas plantillas se usó **bootstrap**. La data para cada escenario debe estar organizada como se muestra en la tabla 10 y 11.

**Tabla 10.** Formato del data-set para el escenario 1

|                         | <b>Individuo 1</b> | <b>Individuo 2</b> | <b>Individuo 3</b> | ... |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----|
| <b>Característica 1</b> | 1                  | 1                  | 1                  | ... |
| <b>Característica 2</b> | 0                  | 1                  | 0                  | ... |
| <b>Característica 3</b> | 1                  | 0                  | 0                  | ... |
| <b>Característica 4</b> | 0                  | 0                  | 0                  | ... |
| .                       | .                  | .                  | .                  | ... |
| .                       | .                  | .                  | .                  | ... |
| .                       | .                  | .                  | .                  | ... |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

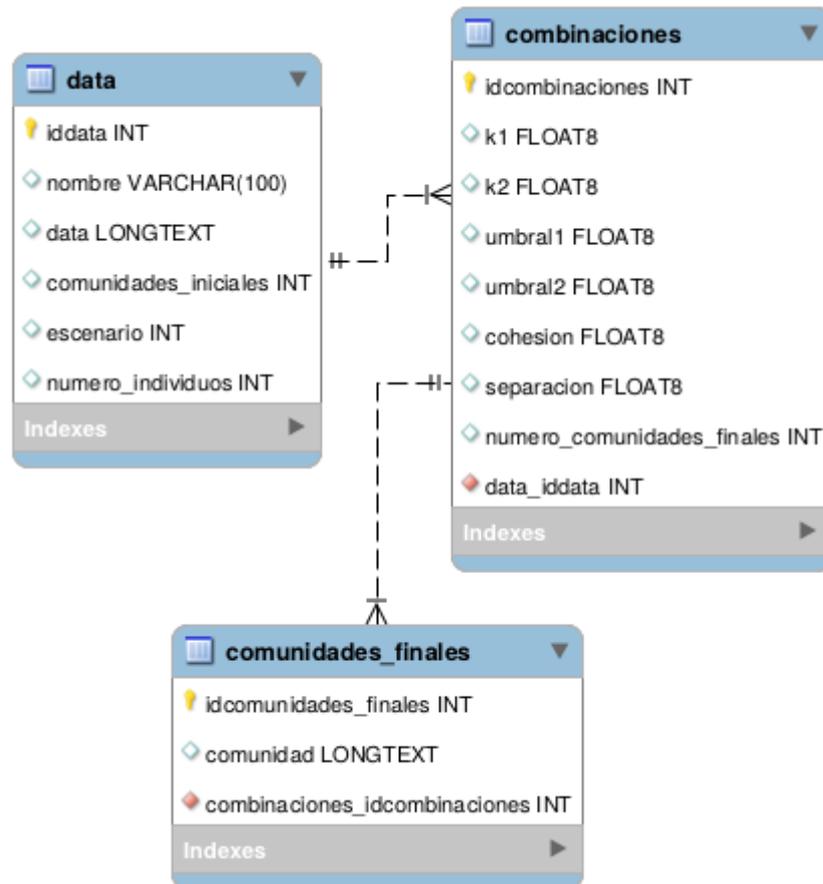
**Tabla 11.** Formato del data-set para el escenario 2

|                         | <b>Individuo 1</b> | <b>Individuo 2</b> | <b>Individuo 3</b> | ... |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----|
| <b>Característica 1</b> | 1                  | 1                  | 1                  | ... |
| <b>Característica 2</b> | 0                  | 1                  | 0                  | ... |
| <b>Característica 3</b> | 1                  | 0                  | 0                  | ... |
| <b>Característica 4</b> | 0                  | 0                  | 0                  | ... |
| .                       | .                  | .                  | .                  | ... |
| .                       | .                  | .                  | .                  | ... |
| .                       | .                  | .                  | .                  | ... |
|                         | Grupo 1            | Grupo 2            | Grupo 1            | ... |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

- b) El URLConf interpreta la solicitud del navegador y ubica la vista que le corresponde. La solicitud puede ser de: consultas a la base de datos, presentar resultados, procesamiento de la data, mostrar el mensaje cuando la data se está procesando. Cada una de estas solicitudes tiene una **url** y **vista** única.
- c) La vista interactúa con el modelo y la base de datos para procesar y organizar los datos a mostrar. En el **views.py**, están todas las vistas necesarias para procesar la data, hacer las consultas necesarias a la base de datos, y mostrar los resultados. Para procesar la data, se usa los tres macro-algoritmos generales, que son: **Crear comunidades**, **Reajuste de comunidades** y **Fusión de comunidades**, que se presentan en las tablas 7, 8 y 9 respectivamente, para cada escenario. El modelo de la base de datos para este prototipo de **sistema web** se muestra en la figura 20.



**Figura 20.** Modelo de la base de datos

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

La base de datos consta de tres tablas:

- **Data**, guarda la data a procesar para compararla con datas posteriores. Si la data ya existe en la base, se consultan los mejores resultados. Caso contrario se hace el procesamiento de la data, y luego la consulta para presentar los mejores resultados.
  - **Combinaciones**, aquí se guarda todas las combinaciones obtenidas de una data. De igual forma, si una combinación ya existe en la base, ya no se hace el procesamiento de esa combinación, se la consulta. Caso contrario se realiza el procesamiento. Esto significa que el **Sistema Web** permite hacer combinaciones específicas, aparte de las que se generan automáticamente.
  - **Comunidades finales**, En esta tabla se guarda todas las comunidades o grupos finales por cada combinación. Aquí no es necesario compararlas, porque cada combinación es única y pertenece a una data única.
- d) Una vez que se tiene los datos, se envían a la plantilla para presentarlos. Estos datos son enviados a través de diccionarios y listas, y estos se recorren en la plantilla para mostrarlos.
- e) La plantilla arma los datos a mostrar, y es visible en el navegador web. Mediante estas plantillas se sube la data al servidor para ser procesada. Se realiza consultas a la base de datos. Se muestra un mensaje cuando la data se está procesando. Y finalmente se muestra los resultados de la data procesada.

**CAPITULO IV.  
PRUEBAS Y RESULTADOS**

En este capítulo se presentan pruebas y resultados de la implementación de los algoritmos. En la sección 4.1 se presenta una experimentación explicando paso a paso el funcionamiento de los algoritmos en los dos escenarios. En la sección 4.2, se muestra la obtención de datos para realizar las pruebas necesarias, se propone una variante al macro-algoritmo 3, **fusión de comunidades**, para evitar bucles infinitos. Y por último se presentan resultados con conjuntos de datos de 100, 500, 1000 y 2000 individuos, para los dos escenarios.

## 4.1 Experimentación

Con el modelo matemático que se explica en el apartado 3.2 y la información general que se muestra en el apartado 3.1, se han identificado dos escenarios: **sin comunidades** y **con comunidades**.

### 4.1.1 Escenario 1: Sin comunidades

En este primer escenario se prueba el funcionamiento del macro-algoritmo 1 y el macro-algoritmo 3, para demostrar la creación de comunidades de aprendizaje, en el supuesto que no existe ninguna comunidad creada en un principio y fusión de comunidades. En este escenario se han identificado dos fases:



- **Fase 1: Creación de comunidades**

Se propone un ejemplo con 16 individuos y 18 características ver la tabla 10. Los valores de las variables para este caso son:

$$k2 = 0.2$$

$$umbral2 = 0,6578$$

**Tabla 12.** Ejemplo de un data-set de 16 individuos y 18 características

| I1 | I2 | I3 | I4 | I5 | I6 | I7 | I8 | I9 | I10 | I11 | I12 | I13 | I14 | I15 | I16 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
| 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   |
| 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0   |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

Al validar el macro-algoritmo 1, que no existen comunidades (la primera vez), crea la comunidad  $C1$  con el individuo  $I1$ . Luego llega el individuo  $I2$  y el macro-algoritmo 1 procede a realizar el emparejamiento con la comunidad  $C1$ , para determinar si se puede depositar el individuo  $I2$  en la comunidad  $C1$ . Si el resultado de  $Pd$  (probabilidad de depósito) supera el  $umbral2$  el individuo  $I2$  es depositado en la comunidad  $C1$ , caso contrario se crea una nueva comunidad con el individuo  $I2$ . Los pasos siguientes son similares al anterior para el individuo  $I3$  y el resto de individuos, se realizan los mismos cálculos detallados anteriormente.

Un punto importante a tomar en cuenta es, que por cada individuo nuevo que ingresa, el macro-algoritmo 1 realiza el emparejamiento con todas las comunidades existentes. Si hay varias comunidades, que el resultado de la  $Pd$  (probabilidad de depósito) supera el  $umbral2$ , se aplica random para seleccionar una comunidad a depositar el nuevo individuo. Caso contrario, si no hay ninguna comunidad que cumpla la condición,  $Pd > umbral2$  se procede a crear una comunidad con el nuevo individuo.

La tabla 13 muestra el resultado de creación de comunidades, con sus respectivos individuos, así como también el patrón de cada comunidad, una vez culminado la ejecución del macro-algoritmo 1.

**Tabla 13.** Resultado del macro-algoritmo 2

| c1 |     | c2 |    |    | c3  |    | c4  |     |    | c5  |    | c6  |    | c7  |    | c8  |     | c9  |     | c10 |     | c11  |     | c12  |     | c13  |     |      |
|----|-----|----|----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| l1 | pc1 | l2 | l3 | l4 | pc2 | l5 | pc3 | l14 | l6 | pc4 | l7 | pc5 | l8 | pc6 | l9 | pc7 | l10 | pc8 | l11 | pc9 | l12 | pc10 | l13 | pc11 | l15 | pc12 | l16 | pc13 |
| 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1   | 1    | 1   | 1    | 1   | 1    |
| 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | 1  | 1   | 1  | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | 1   | 1    | 1   | 1    | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 0   | 0  | 0   | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 1   | 1    | 1   | 1    | 0   | 0    |
| 1  | 1   | 1  | 0  | 0  | 0   | 1  | 1   | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | 1  | 1   | 1  | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1    | 1   | 1    | 0   | 0    | 1   | 1    |
| 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 0  | 0   | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1   | 1    | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 1  | 1   | 1  | 0  | 0  | 0   | 1  | 1   | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 0  | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0    | 1   | 1    | 1   | 1    | 0   | 0    |
| 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1   | 1    | 1   | 1    | 0   | 0    |
| 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 0  | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0    | 1   | 1    | 0   | 0    | 0   | 0    |
| 1  | 1   | 0  | 0  | 1  | 0   | 1  | 1   | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1   | 1    | 0   | 0    | 1   | 1    |
| 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1   | 1    | 0   | 0    | 1   | 1    |
| 1  | 1   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0   | 1   | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 1  | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | 1   | 1    | 0   | 0    | 1   | 1    | 0   | 0    |
| 1  | 1   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0   | 0   | 0  | 0   | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1   | 1    | 1   | 1    | 1   | 1    |
| 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | 1  | 1   | 0  | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 1   | 1    | 1   | 1    | 0   | 0    | 1   | 1    |
| 1  | 1   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0   | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 1  | 1   | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 1   | 1    | 0   | 0    | 1   | 1    |
| 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 0   | 0  | 0   | 1  | 1   | 0  | 0   | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | 0    | 0   | 0    | 1   | 1    | 0   | 0    |
| 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 1   | 0  | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1   | 1    | 1   | 1    | 1   | 1    |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

**Donde:**

$ci$ : Comunidad  $i$

$Ii$ : Individuo  $i$

$pci$ : Patrón de la comunidad  $i$

- **Fase 2: Fusión de comunidades**

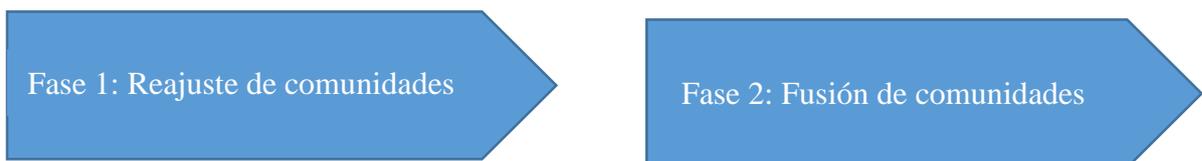
A continuación, se procede a realizar la fusión de comunidades, la tabla 13 es la entrada para iniciar este proceso. El macro-algoritmo 3 permite fusionar comunidades, la idea principal de fusionar comunidades es tratar de unificar las comunidades con características similares. Al terminar de ejecutarse el macro-algoritmo 3, ninguna comunidad se fusionó, significa que ninguno de los emparejamientos cumplió la condición  $pd > umbral\ 2$ . El resultado es el mismo que la tabla 13.

En el caso de que existan varias comunidades que cumplan la condición  $pd > umbral\ 2$ . Se usa random para seleccionar la comunidad a fusionar.

#### **4.1.2 Escenario 2: Con comunidades**

En este escenario, se supone que existen comunidades creadas en un principio, se prueba el funcionamiento de los macro-algoritmos 2 y 3.

En este escenario se identifican 2 fases:



Se propone un ejemplo con 9 individuos, divididos en 3 comunidades aleatoriamente y 18 características, ver la tabla 14. Los valores de los variables para este escenario son las siguientes:

$k1, k2 = 0.2$

$umbral1, umbral2 = 0.5$

**Tabla 14.** Ejemplo de data-set para el segundo escenario

| c1 |    |    |     | c2 |    |    |     | c3 |    |    |     |
|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|
| I1 | I2 | I3 | pc1 | I4 | I5 | I6 | pc2 | I7 | I8 | I9 | pc3 |
| 1  | 1  | 0  | 0   | 1  | 1  | 0  | 0   | 0  | 1  | 0  | 0   |
| 1  | 1  | 0  | 0   | 1  | 1  | 1  | 1   | 0  | 1  | 1  | 0   |
| 1  | 1  | 0  | 0   | 1  | 1  | 0  | 0   | 0  | 1  | 1  | 0   |
| 1  | 1  | 0  | 0   | 1  | 1  | 0  | 0   | 0  | 1  | 1  | 0   |
| 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   |
| 1  | 1  | 0  | 0   | 0  | 1  | 1  | 0   | 1  | 1  | 1  | 1   |
| 1  | 1  | 0  | 0   | 1  | 1  | 0  | 0   | 1  | 1  | 1  | 1   |
| 1  | 1  | 0  | 0   | 1  | 1  | 0  | 0   | 0  | 1  | 0  | 0   |
| 1  | 1  | 0  | 0   | 0  | 1  | 1  | 0   | 0  | 1  | 0  | 0   |
| 1  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 1  | 0   |
| 1  | 0  | 1  | 0   | 0  | 0  | 1  | 0   | 0  | 0  | 1  | 0   |
| 1  | 0  | 1  | 0   | 0  | 1  | 1  | 0   | 1  | 0  | 1  | 0   |
| 1  | 0  | 1  | 0   | 1  | 0  | 1  | 0   | 1  | 1  | 1  | 1   |
| 1  | 0  | 1  | 0   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 0  | 1  | 0   |
| 1  | 0  | 0  | 0   | 1  | 0  | 0  | 0   | 1  | 1  | 0  | 0   |
| 1  | 0  | 0  | 0   | 1  | 1  | 0  | 0   | 1  | 1  | 0  | 0   |
| 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  | 0  | 0   | 1  | 0  | 1  | 0   |
| 1  | 0  | 0  | 0   | 1  | 0  | 0  | 0   | 1  | 0  | 1  | 0   |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

**Donde:**

$c_i$ : Comunidad  $i$

$I_{i\_cj}$ : Individuo  $i$  de la comunidad  $j$

$pci$ : Patrón de la comunidad  $i$

- **Fase 1: Reajuste de comunidades**

El macro-algoritmo 2 indica como primer paso calcular el patrón de cada comunidad, es decir, obtener el patrón de las comunidades  $C1$ ,  $C2$  y  $C3$ . Luego se debe realizar el respectivo emparejamiento entre el patrón de cada comunidad con cada uno de sus individuos. Por ejemplo, el patrón de la comunidad  $C1$  realiza el emparejamiento con los individuos  $I1$ ,  $I2$  y  $I3$ , respectivamente. Luego de realizar esta operación en todas las comunidades se encuentra que los individuos que se muestran en la tabla 15, no estaban correctamente asignados a sus comunidades, es decir, el valor  $Pr$  (probabilidad de recolección) de los individuos supera el  $umbral1$ , por lo tanto, la decisión es moverlos o quitarlos de la comunidad.

**Tabla 15.** Individuos movidos

| Individuos movidos de sus comunidades |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| I1                                    | I2 | I3 | I4 | I7 | I8 | I9 |
| 1                                     | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 1                                     | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  |
| 1                                     | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  |
| 1                                     | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  |
| 1                                     | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 1                                     | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 1                                     | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 1                                     | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 1                                     | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 1                                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 1                                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 1                                     | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 1                                     | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  |
| 1                                     | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 1                                     | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 1                                     | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 1                                     | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 1                                     | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

Los individuos que se muestran en la tabla 16, están correctamente asignados a sus comunidades, es decir, el valor  $Pr$  (probabilidad de recolección) de los individuos no supera el  $umbral1$ , por lo tanto, la decisión es dejarlos en sus respectivas comunidades. Como se observa la comunidad  $C3$  que se muestra en la tabla 14 se ha eliminado debido a que todos sus integrantes estaban mal ubicados.

**Tabla 16.** Individuos correctamente asignados en sus comunidades

| c1 |     | c2 |     |
|----|-----|----|-----|
| I5 | pc1 | I6 | pc2 |
| 0  | 0   | 0  | 0   |
| 0  | 0   | 1  | 1   |
| 0  | 0   | 0  | 0   |
| 0  | 0   | 0  | 0   |
| 1  | 1   | 1  | 1   |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

**Dónde:**

*ci*: Comunidad *i*

*Ii\_cj*: Individuo *i* de la comunidad *j*

*pci*: Patrón de la comunidad *i*

Luego como segundo paso, el macro-algoritmo 2, procede a realizar el emparejamiento de los individuos movidos (tabla 15) con las comunidades resultantes (tabla 16). Por ejemplo, el macro-algoritmo 2 empieza emparejando el individuo movido *I1* con la comunidad *C1*. Si el resultado de *Pd* (probabilidad de depósito) supera el *umbral2* el individuo *I1* es depositado en la comunidad *C1*, caso contrario procede a compáralo con la comunidad *C2*, si el resultado de *Pd* supera el *umbral2* el individuo *I1* es depositado en la comunidad *C2*, caso contrario crea una nueva comunidad con el individuo *I1*. Los pasos siguientes son similares al anterior para *I2* y resto de individuos movidos, se realizan los mismos cálculos detallados anteriormente. El resultado de la ejecución del macro-algoritmo 2 se muestra en la tabla 17.

**Tabla 17.** Reajuste de comunidades

| c1 |     | c2 |     | c3 |     | c4 |    |    | c5  |    | c6  |    | c7  |    |     |
|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| I3 | pc1 | I6 | pc2 | I1 | pc3 | I2 | I5 | I8 | pc4 | I4 | pc5 | I7 | pc6 | I9 | pc7 |
| 0  | 0   | 0  | 0   | 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 0  | 0   |
| 0  | 0   | 1  | 1   | 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 1  | 1   |
| 0  | 0   | 0  | 0   | 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 1  | 1   |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

### Dónde:

$ci$ : Comunidad  $i$

$li_{cj}$ : Individuo  $i$  de la comunidad  $j$

$pci$ : Patrón de la comunidad  $i$

- **Fase 2: Fusión de comunidades**

Tomando como entrada la tabla 17, se tiene que validar si es posible realizar una fusión de comunidades. El macro-algoritmo 3 permite hacer la fusión de comunidades, mediante el emparejamiento de los patrones de las comunidades. Al terminar de ejecutarse el macro-algoritmo 3, la probabilidad de depósito ( $Pd$ ) de las comunidades  $C1$  y  $C2$  es mayor que el  $umbral2$ . Por lo tanto estas comunidades se unen formando una nueva comunidad, luego se procede hacer un reajuste de la misma, las probabilidades de depósitos de los demás emparejamientos no superan el  $umbral2$ . Los resultados se muestran en la tabla 18.

**Tabla 18.** Fusión de comunidades Escenario 2

| c1 |    |     | c2 |     | c3 |    |    |     |    | c4  |    |     | c5 |     | c6 |  |
|----|----|-----|----|-----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|--|
| l3 | l6 | pc1 | l1 | pc2 | l2 | l5 | l8 | pc3 | l4 | pc4 | l7 | pc5 | l9 | pc6 |    |  |
| 0  | 0  | 0   | 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 0  | 0   |    |  |
| 0  | 1  | 0   | 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 1  | 1   |    |  |
| 0  | 0  | 0   | 1  | 1   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  | 1   | 0  | 0   | 1  | 1   |    |  |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

### Dónde:

$ci$ : Comunidad  $i$

$Ii_{cj}$ : Individuo  $i$  de la comunidad  $j$

$pci$ : Patrón de la comunidad  $i$

## 4.2 Pruebas

### 4.2.1 Obtención de datos

Los datos para las pruebas son obtenidos aleatoriamente con variables del contexto educativo, como se menciona en el apartado 3.1. Se experimenta con conjuntos de datos de: 100, 500, 1000 y 2000 individuos con 18 características en los dos escenarios. En este estudio los individuos son estudiantes (ver la tabla 4). Las comunidades de aprendizaje finales se validan con las métricas de cohesión y separación (ver apartado 2.7).

### 4.2.2 Propuesta

Cuando dos comunidades cumplen con las condiciones para fusionarse, lo que hace el algoritmo 3 es mover todos los individuos de las dos comunidades y enviarlos a reajustar. Es decir, recorrer cada uno de estos individuos movidos y compararlos con las demás comunidades de aprendizaje, si se cumple la condición  $Pd > umbral2$ , con alguna de ellas se procede a depositarlo, caso contrario se crea una nueva con dicho individuo. Para el resto de individuos se sigue el mismo proceso. Esto puede generar bucles infinitos, porque

al momento de enviar los individuos movidos a reajustar podría crear las mismas comunidades que se fusionaron.

Se ha propuesto una variante para el macro-algoritmo 3, la tabla 19 muestra la variante.

**Tabla 19.** Propuesta de fusión de comunidades

| <b>Macro-algoritmo 4: Propuesta de Fusión de comunidades</b>   |
|--|
| <pre> fusion_c = False historial_comunidades=[] historial_tamaño=[] mientras=0 minimo=0 minimos=[] Mientras (fusion_c = True)     Obtener los <b>patrones(centroides)</b> de cada <b>comunidad</b>     Repetir para cada <b>centroide</b> de cada <b>comunidad</b>         Comparar (<b>centroide, centroide+1</b>)         Calcular la <b>d</b> (<b>d=</b>inverso de comparar)         Calcular <b>Pd</b>         Si <b>Pd &gt; umbral2</b> entonces             fusion_c = True             <b>nueva_comunidad =</b> unión(<b>comunidad, comunidad+1</b>)             Eliminar <b>comunidad</b> y <b>comunidad+1</b>             Enviar a reajustar <b>nueva_comunidad</b>             historial_comunidades.append(<b>comunidades</b>)             historial_tamaño.append(<b>len(comunidades)</b>)             <i>##Terminamos el bucle Repetir</i>             <b>break</b>     Fin de Repetir     Si <b>minimo=0</b> entonces         minimo=<b>min</b>(historial_tamaño)         minimos.append(minimo)     Si <b>mientras=20</b> entonces         mientras=0         minimo1=<b>min</b>(historial_tamaño)         Si <b>minimo1&gt;=minimo</b> entonces             minimos.append(minimo1)             posicion=historial_tamaño.index(minimo)             <b>comunidades=[]</b> </pre> |

```

comunidades=historial_comunidades[posicion]
fusion_c=False
Sino
    minimo=min(historial_tamaño)
    minimos.append(minimo)
mientras=mientras+1
Fin Mientras

```

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

La propuesta consiste en guardar historiales de las agrupaciones, así como el número de comunidades generadas por cada vuelta que haga el While (por cada combinación), con el objetivo de poder obtener el mínimo de comunidades para presentarlas. Por ejemplo, supongamos que en la primera vuelta que haga el while, se obtiene como resultado 30 comunidades de aprendizaje, esto se guarda en una lista como un historial, en esta vuelta el mínimo sería 30. En el siguiente recorrido que realice el while, supongamos que arroja 28 comunidades de aprendizaje, este resultado también se guarda en el historial, en este punto el mínimo sería 28, y así sucesivamente hasta las 20 interacciones que es lo máximo que soporta el algoritmo, para declararlo como infinito y parar el proceso. El mínimo del historial sería el resultado de la combinación.

El valor de 20 interacciones como máximo para que el algoritmo lo declare como infinito y pare el proceso, se lo obtiene mediante varias pruebas de ejecución, en el escenario 1 y 2.

- **Pruebas para el escenario 1**

El conjunto de datos utilizados en esta primera prueba fue de 100, 500 y 1000 individuos, con 18 características cada uno, con un mínimo y máximo de 5 y 1000 interacciones, respectivamente. La tabla 20 muestra un resumen de las pruebas realizadas. Los valores de las variables *k2* y *umbral2* es de 0.3.

**Tabla 20.** Resumen de los mínimos para 100, 500 y 1000 individuos, escenario 1

| 100 individuos |             | 500 individuos |             | 1000 individuos |             |
|----------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|
| interacciones  | comunidades | interacciones  | comunidades | interacciones   | comunidades |
| 5              | 14          | 5              | 38          | 5               | 62          |
| 10             | 11          | 10             | 38          | 10              | 58          |
| 20             | 13          | 20             | 36          | 20              | 60          |
| 50             | 11          | 50             | 37          | 50              | 56          |
| 100            | 12          | 100            | 33          | 100             | 55          |
| 300            | 11          | 300            | 36          | 300             | 55          |
| 500            | 11          | 500            | 33          | 500             | 53          |

|      |    |      |    |      |    |
|------|----|------|----|------|----|
| 1000 | 11 | 1000 | 34 | 1000 | 54 |
|      |    |      |    |      |    |

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

En la tabla 20 se observa que las comunidades para cada número de interacciones no varían mucho unos de otros. Por ejemplo, para el conjunto de 1000 individuos, con 5 interacciones da 62 comunidades de aprendizaje finales, y con 1000 interacciones da 54 comunidades de aprendizaje finales. Lo que si varía bastante es el tiempo de ejecución. Por ejemplo, con el conjunto de 1000 individuos y 5 interacciones, una combinación puede ejecutarse en unos 30 minutos. Por otro lado, con el conjunto de 1000 individuos y 1000 interacciones, una combinación puede demorarse en ejecutarse en unas 5 horas.

Por esta razón, se optó por un máximo de 20 interacciones, debido a que no hay mucha diferencia entre las comunidades y el número de interacciones como se observa en la tabla 20. Otra razón es el tiempo que se demora en procesar una combinación, con 500 o 1000 interacciones el algoritmo se tarda demasiado tiempo en ejecutar una combinación. Por último, si sacamos el promedio de las comunidades, se obtiene un valor cercano al de 20 interacciones.

- **Pruebas para el escenario 2**

El conjunto de datos utilizados en esta segunda prueba fue de 100, 500 y 1000 individuos con 18 características cada uno, con un mínimo y máximo de 5 y 1000 interacciones, respectivamente. La tabla 21 muestra un resumen con las pruebas realizadas. Los valores de las variables para las pruebas se muestran en la tabla 22.

**Tabla 21.** Pruebas con 100, 500 y 1000 individuos, escenario 2

| 100 individuos |             | 500 individuos |             | 1000 individuos |             |
|----------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|
| interacciones  | comunidades | interacciones  | comunidades | interacciones   | comunidades |
| 5              | 12          | 5              | 39          | 5               | 60          |
| 10             | 12          | 10             | 38          | 10              | 59          |
| 20             | 11          | 20             | 36          | 20              | 60          |
| 50             | 12          | 50             | 38          | 50              | 56          |
| 100            | 12          | 100            | 36          | 100             | 58          |
| 300            | 11          | 300            | 34          | 300             | 56          |
| 500            | 11          | 500            | 33          | 500             | 54          |
| 1000           | 11          | 1000           | 33          | 1000            | 54          |

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

**Tabla 22.** Valores de las variables, escenario 2

|         |     |
|---------|-----|
| umbral2 | 0,2 |
| k2      | 0,5 |
| k1      | 0,2 |
| umbral1 | 0,2 |

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

Igual que en el escenario 1, el número de 20 interacciones es óptimo para declarar la combinación como infinita y detener el proceso. Si se observa en la tabla 21, no hay mucha diferencia entre las comunidades y el número de interacciones. También si se saca el promedio de las comunidades, da un número cercano al de 20 interacciones. El tiempo que se demora en ejecutarse una combinación, varía bastante entre el número de interacciones y el número de individuos. Por ejemplo, con el conjunto de datos de 1000 individuos, con 20 interacciones puede demorarse unos cuatro horas en ejecutarse una combinación, con el mismo conjunto de datos y 1000 vueltas, una combinación puede demorarse un medio día o más.

### **4.2.3 Resultados**

Como se menciona en el apartado 4.2.1, se experimenta con conjuntos de datos de 100, 500, 1000 y 2000 individuos, con 18 características cada uno, en los dos escenarios. Los resultados que se muestran a continuación, se obtuvieron con la propuesta que se hizo en el apartado 4.2.2.

Las figuras que se presentan en los apartados 4.2.3.1 y 4.2.3.2, muestran una gráfica con los 10 mejores resultados de una combinación, presentando los valores de las métricas: cohesión y separación, y el número de comunidades que se forman. De estos resultados se escogen los 4 mejores y se los presenta en una tabla resumen de forma más detallada.

#### **4.2.3.1 Resultados para el escenario 1**

- **100 individuos**

La tabla 23 muestra un resumen de los resultados para 100 individuos, seleccionando las mejores cuatro combinaciones basándose en las métricas de cohesión y separación.

Recuerde que una buena combinación es, cuando la cohesión es lo más cercana a cero, y la separación lo más alejada de cero. Por ejemplo, las combinaciones uno y dos son las

mejores para este conjunto de datos, porque las cohesiones son las más bajas en los resultados.

**Tabla 23.** Resultados para 100 individuos, escenario 1

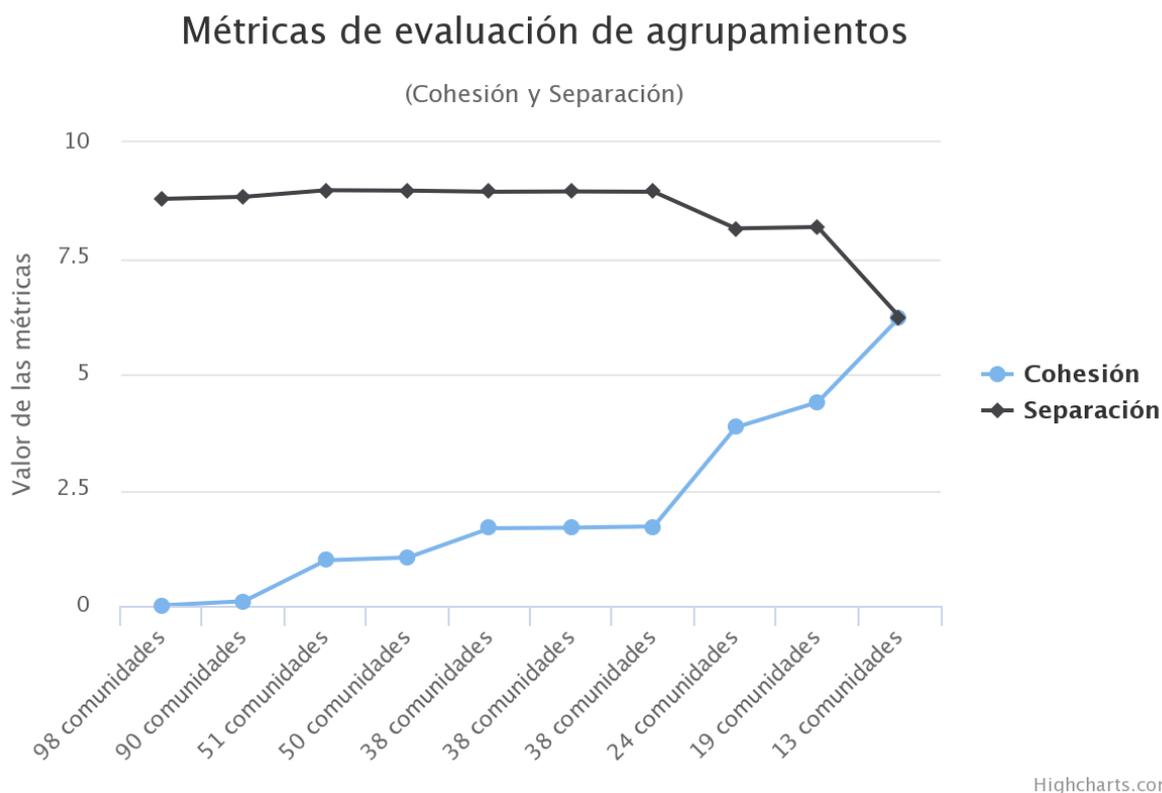
| Combinación | Individuos | Comunidades iniciales | K1  | K2  | Umbral 1 | Umbral 2 | Cohesión | Separación | Comunidades finales |
|-------------|------------|-----------------------|-----|-----|----------|----------|----------|------------|---------------------|
| 1           | 100        | 0                     | 0.0 | 0.6 | 0.0      | 0.3      | 0.9837   | 8.9694     | 51                  |
| 2           | 100        | 0                     | 0.0 | 0.2 | 0.0      | 0.6      | 1.0433   | 8.9608     | 50                  |
| 3           | 100        | 0                     | 0.0 | 0.3 | 0.0      | 0.4      | 1.6739   | 8.9359     | 38                  |
| 4           | 100        | 0                     | 0.0 | 0.2 | 0.0      | 0.5      | 1.6868   | 8.9431     | 38                  |

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

La figura 21 muestra los valores de la cohesión y separación, para los 10 mejores resultados de este conjunto de datos. En la gráfica se observa que cuando las comunidades de aprendizaje finales disminuyen, la cohesión aumenta y la separación disminuye.

Las dos primeras combinaciones dan como resultado 98 y 90 comunidades de aprendizaje finales. Estas combinaciones se descartan, porque dejan muchos individuos sin agrupar, forman bastantes comunidades de aprendizaje. El resultado que da 51 comunidades de aprendizaje finales, es el mejor, porque la cohesión no es muy alta, y la separación no es tan baja. El resto de combinaciones se descartan por que la cohesión aumenta bastante y la separación disminuye también bastante.



**Figura 21.** Cohesión y separación de los 10 mejores resultados, con 100 individuos, escenario 1

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

- **500 individuos**

La tabla 24 muestra el resumen para el conjunto de datos de 500 individuos, mostrando las cuatro mejores combinaciones. Los cuatro resultados son buenos, porque no varía mucho la cohesión y separación.

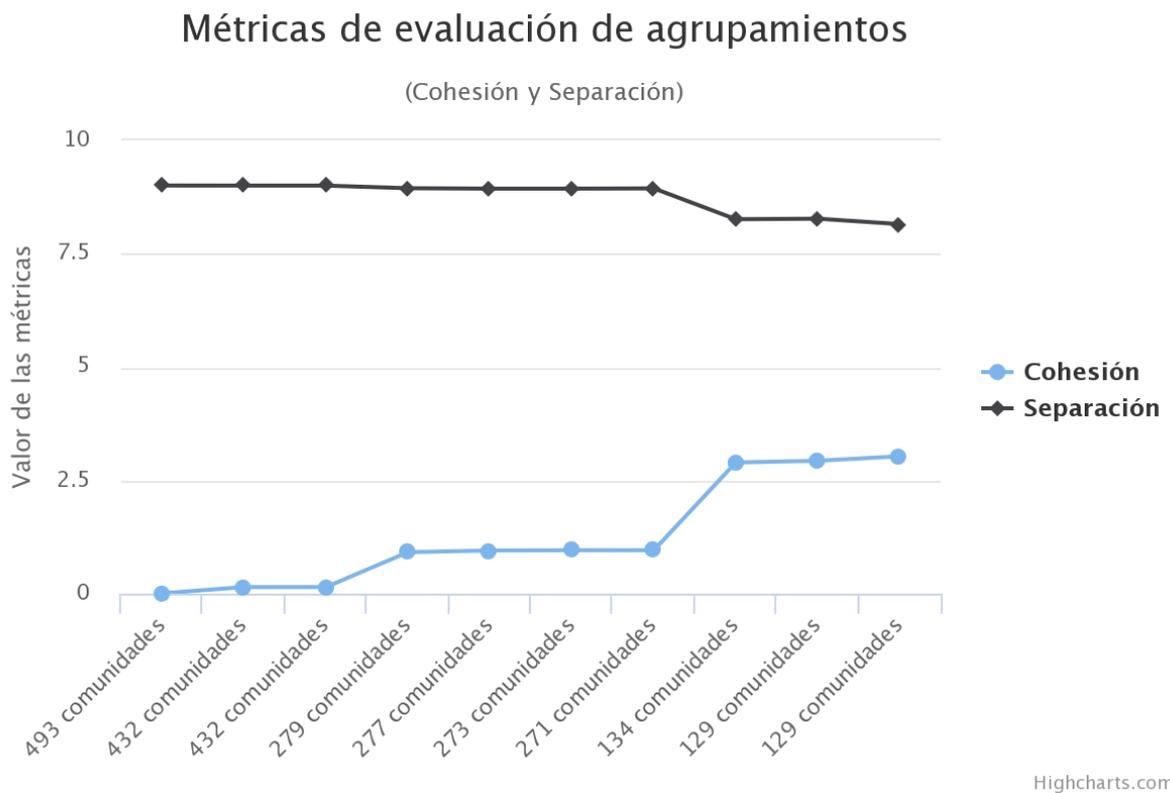
**Tabla 24.** Resultados para 500 individuos, escenario 1

| combinaciones | Individuos | Comunidades iniciales | K1  | K2  | Umbral1 | Umbral2 | Cohesión | Separación | Comunidades finales |
|---------------|------------|-----------------------|-----|-----|---------|---------|----------|------------|---------------------|
| 1             | 500        | 0                     | 0.0 | 0.3 | 0.0     | 0.5     | 0.9158   | 8.9442     | 279                 |
| 2             | 500        | 0                     | 0.0 | 0.2 | 0.0     | 0.6     | 0.9529   | 8.9354     | 277                 |
| 3             | 500        | 0                     | 0.0 | 0.4 | 0.0     | 0.4     | 0.9577   | 8.9354     | 273                 |
| 4             | 500        | 0                     | 0.0 | 0.6 | 0.0     | 0.3     | 0.9587   | 8.9406     | 271                 |

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

La figura 22 muestra la cohesión y separación para los 10 mejores resultados, junto con las comunidades de aprendizaje finales. Las tres combinaciones primeras son descartadas porque forman muchas comunidades, dejando bastantes individuos sin agrupar. Según la figura 22 los mejores resultados serían los que dan 279, 277, 273 y 271 comunidades, porque la cohesión no es muy alta y la separación no es muy baja. Para el resto de combinaciones se descartan, debido que la cohesión es bastante alta y la separación es demasiado baja.



**Figura 22.** Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 500 individuos, escenario 1

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

- **1000 individuos**

La tabla 25 muestra las cuatro mejores combinaciones para el conjunto de datos de 1000 individuos. Las combinaciones uno y dos son las mejores porque las cohesiones son las más bajas y las separaciones son las más altas.

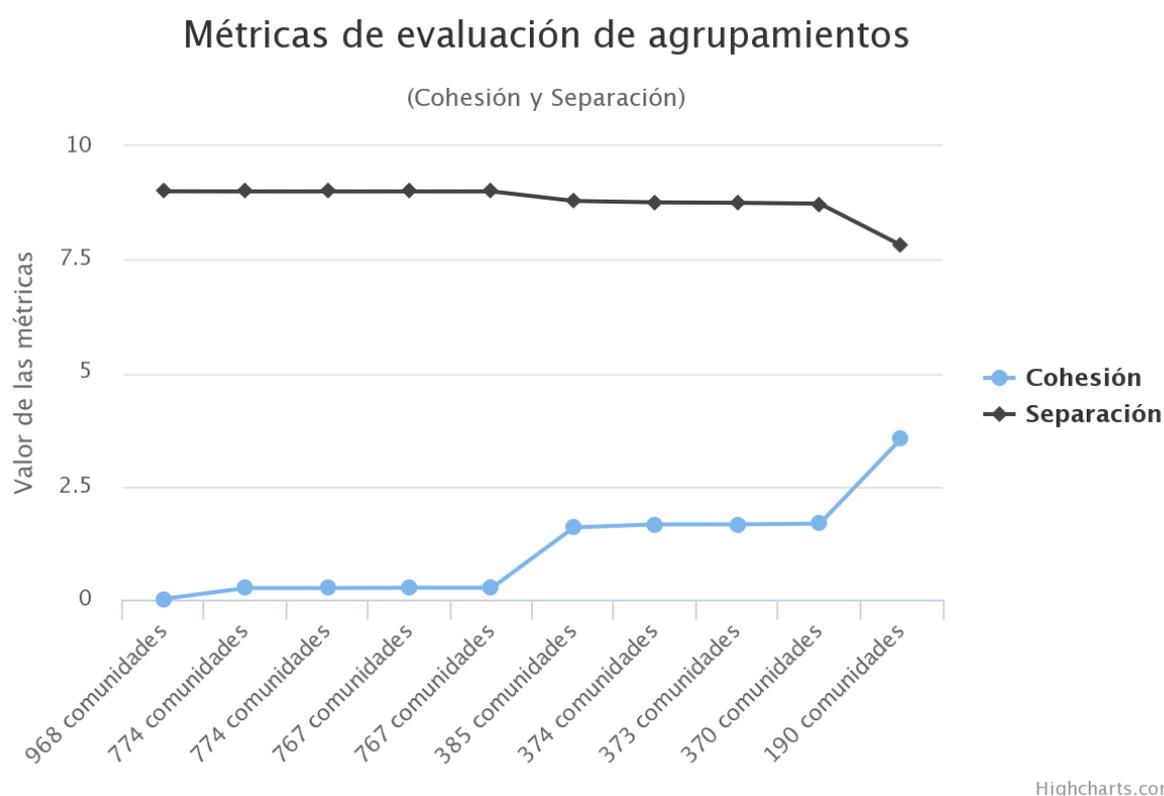
**Tabla 25.** Resultados para 1000 individuos, escenario 1

| Combinaciones | Individuos | Comunidades iniciales | K1  | K2  | Umbral1 | Umbral2 | Cohesión | Separación | Comunidades finales |
|---------------|------------|-----------------------|-----|-----|---------|---------|----------|------------|---------------------|
| 1             | 1000       | 0                     | 0.0 | 0.3 | 0.0     | 0.6     | 0.2532   | 9.0026     | 774                 |
| 2             | 1000       | 0                     | 0.0 | 0.4 | 0.0     | 0.5     | 0.2586   | 9.0028     | 767                 |
| 3             | 1000       | 0                     | 0.0 | 0.3 | 0.0     | 0.5     | 1.5896   | 8.7921     | 385                 |
| 4             | 1000       | 0                     | 0.0 | 0.6 | 0.0     | 0.3     | 1.6571   | 8.7607     | 374                 |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

La figura 23 muestra la cohesión y separación para los 10 mejores resultados del conjunto de datos de 1000 individuos. La primera combinación es descartada porque forma muchas comunidades de aprendizaje finales. Los resultados que dan 774 y 767 comunidades, son las mejores según las métricas. El resto se descartan por que la cohesión aumenta demasiado y la separación disminuye bastante.



**Figura 23.** Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 1000 individuos, escenario 1

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

- **2000 individuos**

En la tabla 26 se muestra los cuatro mejores resultados para el conjunto de datos de 2000 individuos. Las cuatro combinaciones son buenas, porque no hay mucha diferencia en la cohesión y separación para los cuatro resultados.

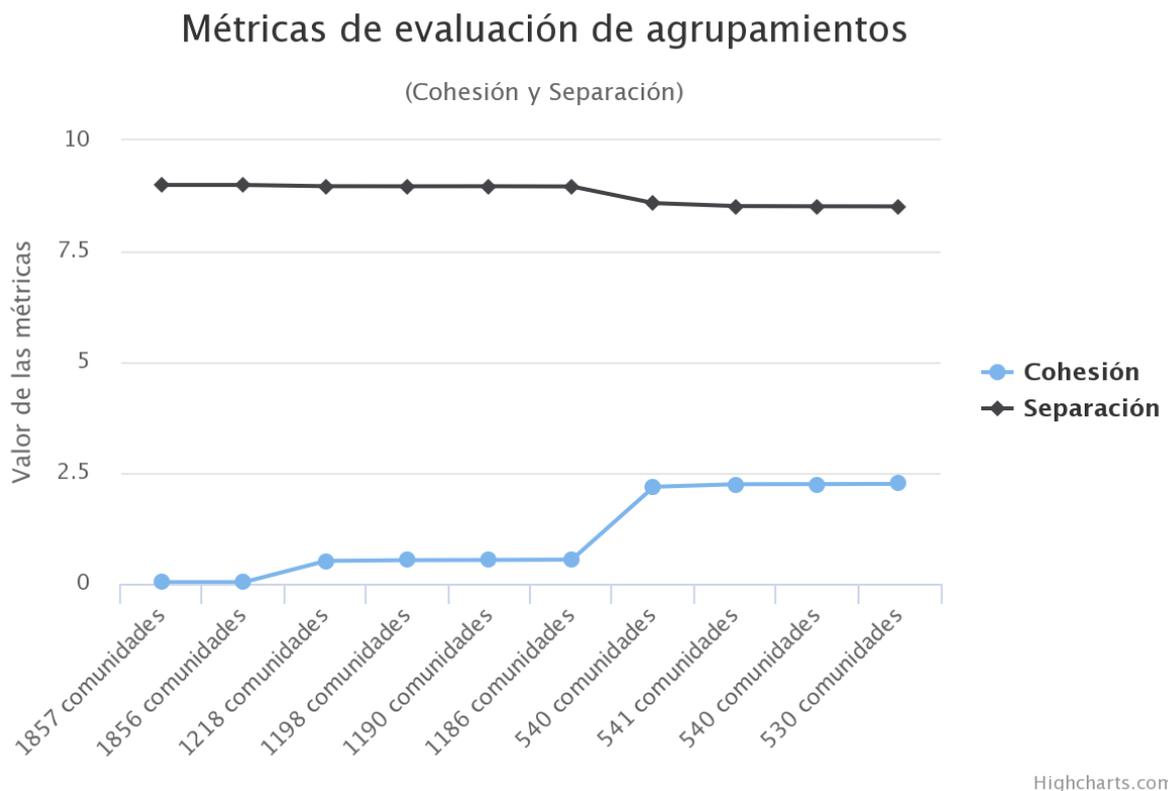
**Tabla 26.** Resultados para 2000 individuos, escenario 1

| Combinaciones | Individuos | Comunidades iniciales | K1  | K2  | Umbral1 | Umbral2 | Cohesión | Separación | Comunidades finales |
|---------------|------------|-----------------------|-----|-----|---------|---------|----------|------------|---------------------|
| 1             | 2000       | 0                     | 0.0 | 0.6 | 0.0     | 0.4     | 0.5149   | 8.9683     | 1218                |
| 2             | 2000       | 0                     | 0.0 | 0.4 | 0.0     | 0.5     | 0.5307   | 8.9664     | 1198                |
| 3             | 2000       | 0                     | 0.0 | 0.3 | 0.0     | 0.6     | 0.5350   | 8.9677     | 1190                |
| 4             | 2000       | 0                     | 0.0 | 0.5 | 0.0     | 0.4     | 0.5432   | 8.9625     | 1186                |

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

En la figura 24 se muestra la cohesión y separación para los 10 mejores resultados del conjunto de datos de 2000 individuos. Las dos primeras combinaciones se las descarta, porque forman bastantes comunidades, dejando muchos individuos sin agrupar. Según la figura 24 las mejores combinaciones para este conjunto de datos, son las combinaciones que dan 1218, 1198, 1190 y 1186 comunidades de aprendizaje finales. El resto de combinaciones se descartan, porque la cohesión es alta y la separación es baja.



**Figura 24.** Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 2000 individuos, escenario 1

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

En las tablas resumen que se muestran en este escenario, los valores de la columna **comunidades iniciales**, es cero porque, en este escenario no existen comunidades creadas en un principio, es decir los individuos no están agrupados, están aislados. También los valores de las columnas **k1** y **umbral1**, son cero porque en este escenario no se ocupa estas variables, estas variables se utilizan en el reajuste de comunidades.

#### 4.2.3.2 Resultados para el escenario 2

- **100 individuos**

En la tabla 27 muestra los cuatro mejores resultados para el conjunto de datos de 100 individuos. Los cuatro resultados mostrados son buenos, porque la cohesión y separación no varían mucho.

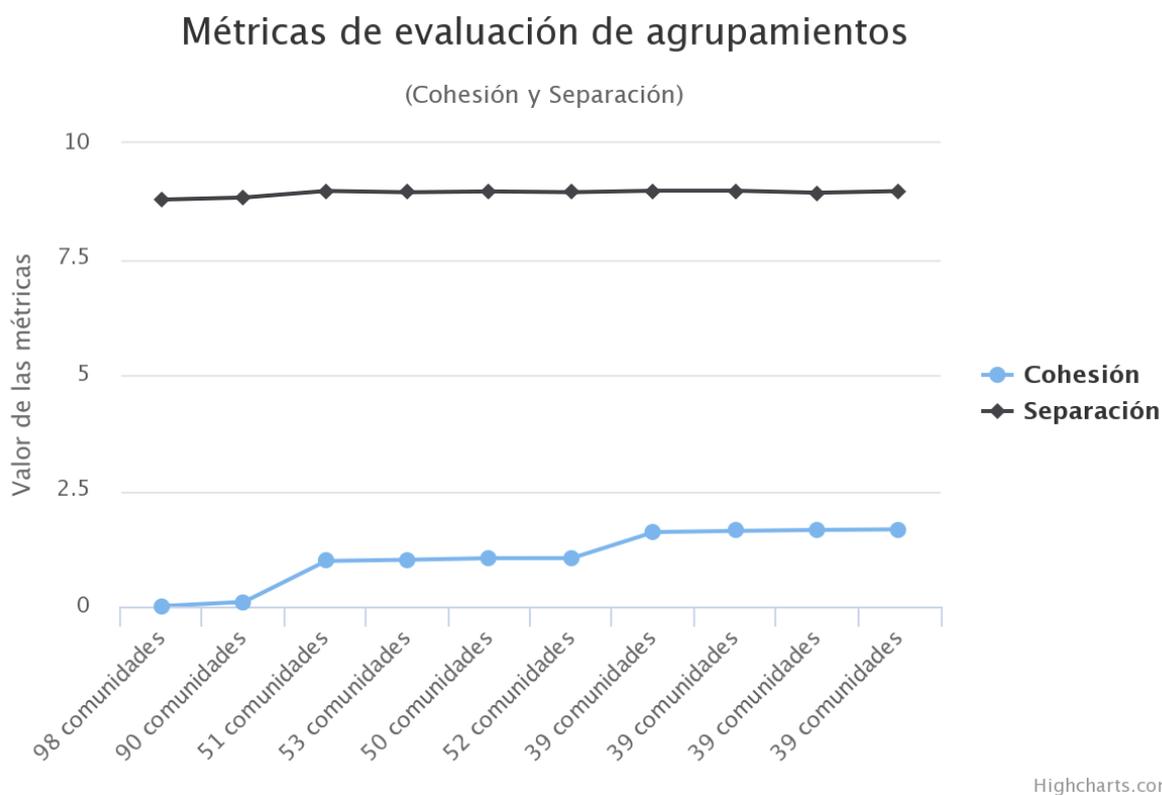
**Tabla 27.** Resultados para 100 individuos, escenario 2

| Combinaciones | Individuos | Comunidades iniciales | K1  | K2  | Umbral1 | Umbral2 | Cohesión | Separación | Comunidades finales |
|---------------|------------|-----------------------|-----|-----|---------|---------|----------|------------|---------------------|
| 1             | 100        | 10                    | 0.4 | 0.4 | 0.6     | 0.4     | 0.9837   | 8.9694     | 51                  |
| 2             | 100        | 10                    | 0.2 | 0.4 | 0.6     | 0.4     | 1.0094   | 8.9405     | 53                  |
| 3             | 100        | 10                    | 0.5 | 0.4 | 0.5     | 0.4     | 1.0433   | 8.9592     | 50                  |
| 4             | 100        | 10                    | 0.2 | 0.3 | 0.6     | 0.5     | 1.0449   | 8.9419     | 52                  |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

En la figura 25 se muestra la cohesión y separación para los 10 mejores resultados para el conjunto de datos de 100 individuos. Las dos primeras combinaciones se descartan porque dejan muchos individuos sin agrupar. Las mejores combinaciones según la figura 25, son las que dan 51, 53, 50 y 52 comunidades de aprendizaje finales. El resto de combinaciones se descartan porque la cohesión aumenta.



**Figura 25.** Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 100 individuos, escenario 2

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

- **500 individuos**

En la tabla 28 se presenta las cuatro mejores combinaciones para el conjunto de 500 individuos. Los cuatro resultados son buenas, porque la cohesión y separación no varían mucho en los resultados.

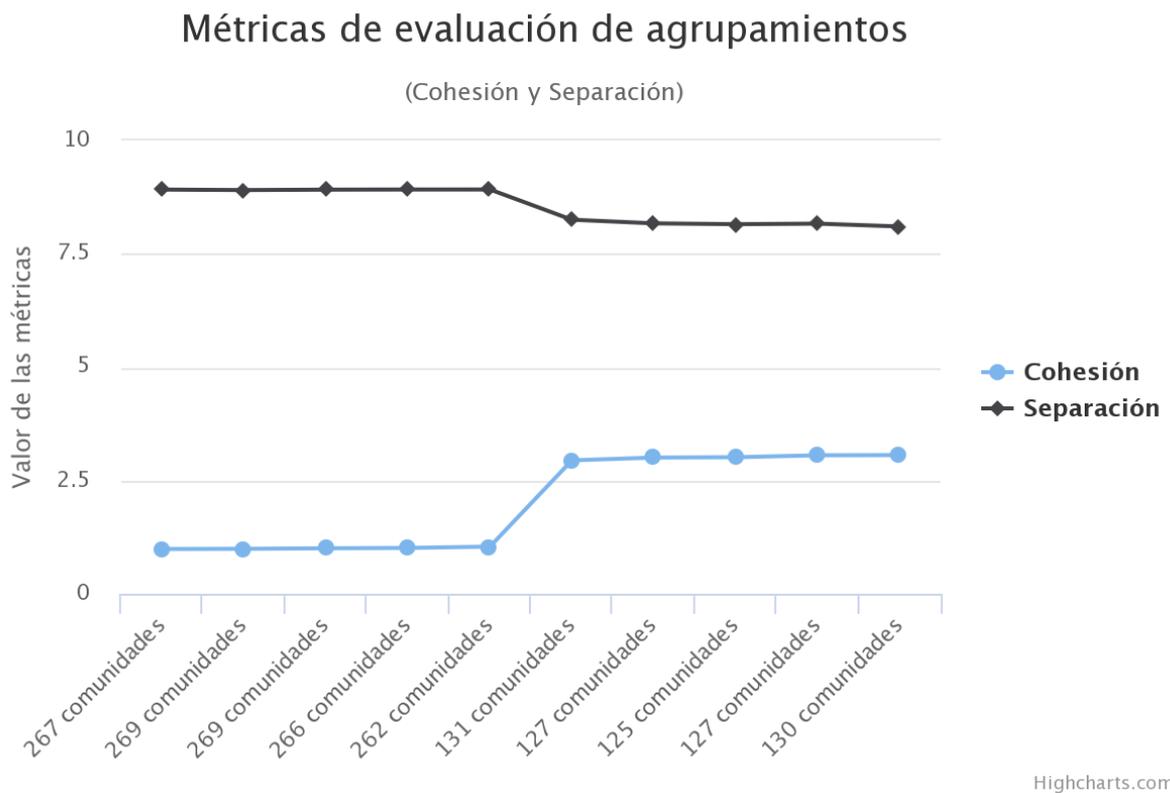
**Tabla 28.** Resultados para 500 individuos, escenario 2

| Combinaciones | Individuos | Comunidades iniciales | K1  | K2  | Umbral1 | Umbral2 | Cohesión | Separación | Comunidades finales |
|---------------|------------|-----------------------|-----|-----|---------|---------|----------|------------|---------------------|
| 1             | 500        | 25                    | 0.5 | 0.6 | 0.2     | 0.3     | 0.9867   | 8.9171     | 267                 |
| 2             | 500        | 25                    | 0.2 | 0.6 | 0.2     | 0.3     | 0.9919   | 8.9054     | 269                 |
| 3             | 500        | 25                    | 0.6 | 0.6 | 0.2     | 0.3     | 1.0109   | 8.9181     | 266                 |
| 4             | 500        | 25                    | 0.3 | 0.6 | 0.2     | 0.3     | 1.0404   | 8.9183     | 262                 |

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

En la figura 26 muestra la cohesión y separación para los 10 mejores resultados del conjunto de 500 individuos. Las mejores combinaciones según la figura 26 para este conjunto de datos, son aquellas que dan 267, 269, 266 y 262 comunidades de aprendizaje finales.



**Figura 26.** Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 500 individuos, escenario 2

**Fuente.** El autor

**Elaborado por.** El autor

- **1000 individuos**

En la tabla 29 se muestra las cuatro mejores combinaciones para el conjunto de 1000 individuos. Como se observa en la tabla 29 las cuatro combinaciones son buenas, porque las cohesiones y separaciones no cambian mucho en los resultados.

**Tabla 29.** Resultados para 1000 individuos, escenario 2

| Combinaciones | Individuos | Comunidades iniciales | K1  | K2  | Umbral1 | Umbral2 | Cohesión | Separación | Comunidades finales |
|---------------|------------|-----------------------|-----|-----|---------|---------|----------|------------|---------------------|
| 1             | 1000       | 50                    | 0.3 | 0.4 | 0.5     | 0.5     | 0.2488   | 9.0032     | 772                 |
| 2             | 1000       | 50                    | 0.2 | 0.5 | 0.4     | 0.4     | 0.2521   | 9.0034     | 769                 |
| 3             | 1000       | 50                    | 0.4 | 0.3 | 0.6     | 0.6     | 0.2522   | 9.0031     | 772                 |
| 4             | 1000       | 50                    | 0.2 | 0.6 | 0.4     | 0.4     | 0.2523   | 9.0031     | 771                 |

**Fuente.** El autor

Elaborado por. El autor

En la figura 27 muestra la cohesión y separación para los 10 mejores resultados del conjunto de 1000 individuos. Las tres primeras combinaciones se descartan, porque forman bastantes comunidades de aprendizaje finales. Según la figura 27, el resto de combinaciones son buenas para este conjunto de datos.

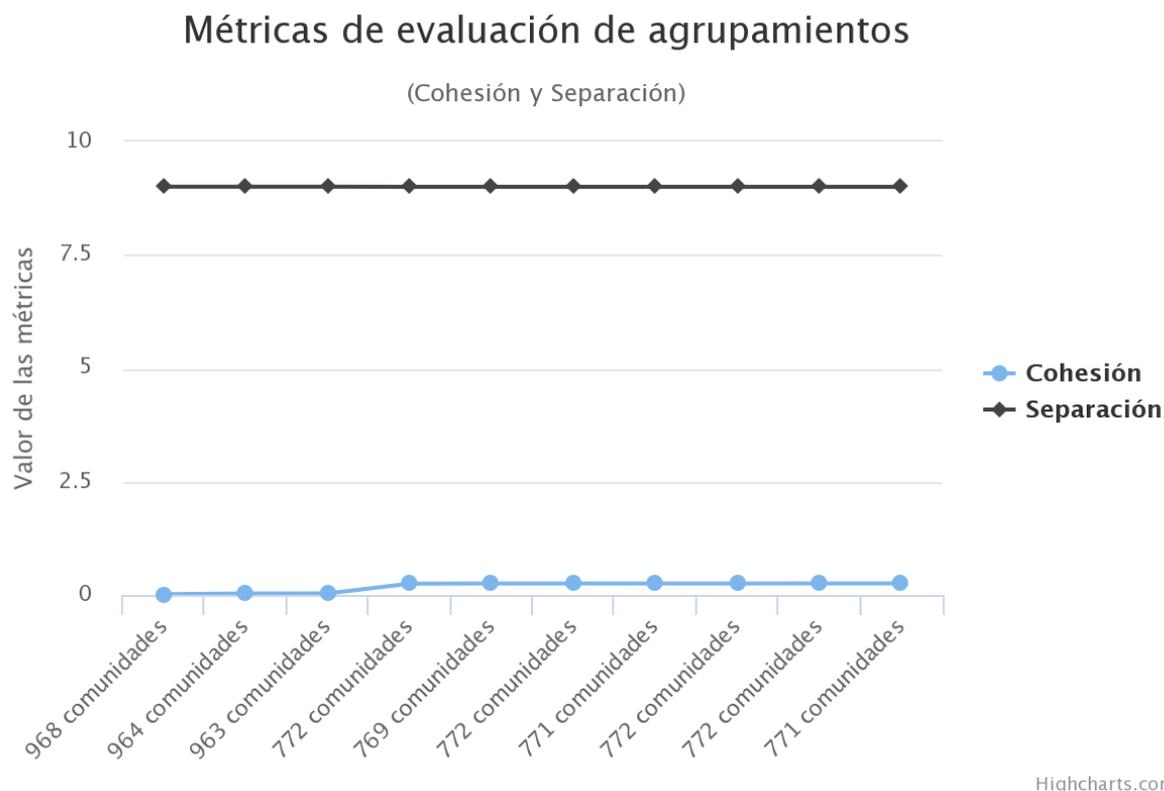


Figura 27. Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 1000 individuos, escenario 2

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

• **2000 individuos**

En la tabla 30 se observa que la cohesión y separación no varían mucho en los cuatro resultados. Por eso se concluye que todas las combinaciones presentadas son buenas.

Tabla 30. Resultados para 2000 individuos, escenario 2

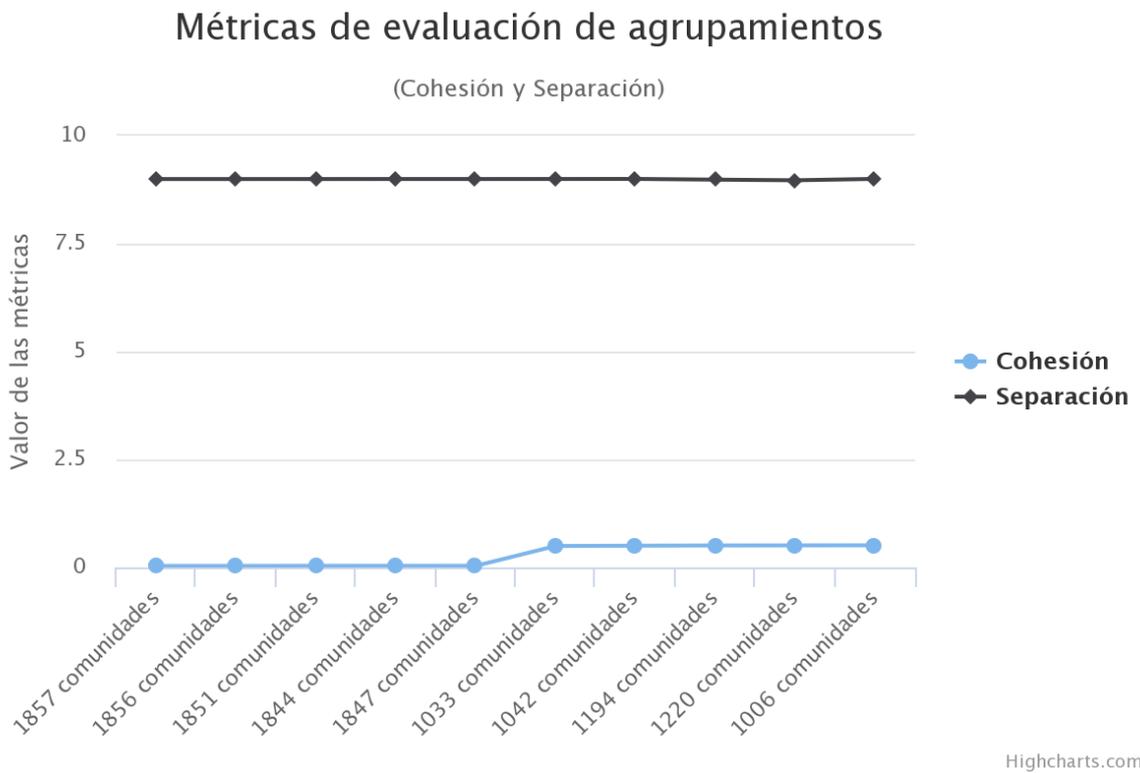
| Combinaciones | Individuos | Comunidades iniciales | K 1 | K 2 | Umbral1 | Umbral2 | Cohesión | Separación | Comunidades finales |
|---------------|------------|-----------------------|-----|-----|---------|---------|----------|------------|---------------------|
| 1             | 2000       | 8                     | 0.  | 0.  | 0.6     | 0.4     | 0.4966   | 8.9979     | 1033                |

|   |      |   |     |     |     |     |        |        |      |
|---|------|---|-----|-----|-----|-----|--------|--------|------|
|   |      |   | 2   | 6   |     |     |        |        |      |
| 2 | 2000 | 8 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.5037 | 8.9994 | 1042 |
| 3 | 2000 | 8 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5087 | 8.9825 | 1194 |
| 4 | 2000 | 8 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.5098 | 8.9681 | 1220 |

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

Las mejores combinaciones para la figura 28 son las que dan 1033, 1042, 1194, 1220 y 1006 comunidades de aprendizaje finales. El resto de combinaciones se descartan porque crean bastantes comunidades.



**Figura 28.** Cohesión y separación para los 10 mejores resultados con 2000 individuos, escenario 2

Fuente. El autor

Elaborado por. El autor

## CONCLUSIONES

Al finalizar el presente trabajo de titulación se ha podido concluir lo siguiente:

- La técnica “ordenamiento y agrupación” propuesta, basada en colonia de insectos sociales, ha permitido que emerjan nuevas comunidades a través de características y dinámicas de aprendizaje de cada individuo.
- La técnica de “ordenamiento y agrupación”, permite crear comunidades de aprendizaje con individuos que comparten características similares.
- Según las habilidades de un individuo, la técnica de “ordenamiento y agrupación”, permite depositarlo o recolectarlo en una comunidad de aprendizaje.
- A través del desarrollo de un sistema web para la visualización de comunidades de aprendizaje, se pudo verificar el funcionamiento de la técnica “ordenamiento y agrupación”.
- Según los resultados obtenidos en las pruebas, se puede decir que con pocas características (menor a 20) y un conjunto de datos pequeño (menor a 100), el proceso de agrupación se realiza muy bien, porque la cohesión y separación varían bastante para cada resultado, de esta manera se puede elegir el mejor.
- Una comunidad de aprendizaje está bien agrupada cuando las métricas: *cohesión* es lo más cercana a cero y *separación* es lo más alejada de cero.
- El siguiente trabajo se lo ha realizado con la perspectiva de aportar en beneficio al sistema educativo, basado en el modelo clásico de *agregación* de las colonias de hormigas.

## RECOMENDACIONES

Al finalizar el siguiente trabajo de titulación se ha podido hacer las siguientes recomendaciones:

- Hacer pruebas con conjuntos de datos mayores a 1000 individuos y más características, puede ser 100 o 500 características. Y comprobar los resultados con los que se presentan en este trabajo de titulación.
- Para un buen funcionamiento de la aplicación, se recomienda un equipo con buenas características, porque la cantidad de procesamiento de datos necesita utilizar gran cantidad de recurso del sistema informático.
- Aplicar este estudio a un caso práctico, puede ser una entidad educativa, como una escuela o colegio, para comprobar que si agrupándolos de esta forma, mejora el rendimiento académico de los alumnos.
- Revisar el macro-algoritmo 3, **fusión de comunidades**, para ver si se puede mejorar la propuesta que se hizo.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, J. (2014). Introducción a los Sistemas Emergentes. Venezuela.

Aguilar, J. L. (2015). La Inteligencia Colectiva como Sistemas Emergentes. Retrieved from <http://www.ing.ula.ve/~aguilar/actividad-docente/Seminario/transparencias/captSE.pdf>

Alonso, S., Cordón, O., Fernández De Viana, I., & Herrera, F. (2004). La Metaheurística de Optimización Basada en Colonias de Hormigas: Modelos y Nuevos Enfoques \*. Retrieved from <http://sci2s.ugr.es/sites/default/files/files/Teaching/OtherPostGraduateCourses/MasterEstructuras/bibliografia/La Metaheuristica de OCH - Modelos y Nuevos Enfoques.pdf>

Barba, L., Valdiviezo, P. and Aguilar, J. (2018). Gestión emergente de espacios colaborativos de aprendizaje. *ICITS'18 - The 2018 International Conference on Information Technology & Systems - Home*. [online] Icits.me. Available at: <http://www.icits.me/index.php?lang=en> [Accessed 30 Jan. 2018].

Beckermann, A., Flohr, H. (Hans), & Kim, J. (1992). *Emergence or reduction?: essays on the prospects of nonreductive physicalism*. W. de Gruyter. Retrieved from [https://books.google.com.ec/books/about/Emergence\\_Or\\_Reduction.html?id=vpB\\_d4J\\_c14C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Emergence_Or_Reduction.html?id=vpB_d4J_c14C&redir_esc=y)

Bellei, C. (2013). El estudio de la segregación socioeconómica y académica de la educación chilena, 325–345.

Clayton, P., & Simpson, Z. R. (2006). *The Oxford handbook of religion and science*. Oxford University Press. Retrieved from [https://books.google.com.ec/books?id=7\\_Ba1sm0jP4C&dq=editions:ISBN0199279276&hl=es](https://books.google.com.ec/books?id=7_Ba1sm0jP4C&dq=editions:ISBN0199279276&hl=es)

Coll Salvador, C. (2004). LAS COMUNIDADES DE APRENDIZAJE. Retrieved from <http://www.tafor.net/psicoaula/campus/master/master/experto1/unidad16/images/ca.pdf>

De Wolf, T., & Holvoet, T. (2007). Using UML 2 Activity Diagrams to Design Information Flows and Feedback-loops in Self-Organising Emergent Systems. Retrieved from <https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/146666/1/uml24fbl.pdf>

Díez-palomar, J. (2010). Aprendizaje dialógico en las matemáticas y en las ciencias, 67, 75–88.

Díez-Palomar, J., & Flecha, R. (2010). Comunidades de Aprendizaje: un proyecto de transformación social y educativa. *Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 67(24, 1), 1–30. Retrieved from [http://aufop.com/aufop/uploaded\\_files/revistas/1268689288.pdf#page=57](http://aufop.com/aufop/uploaded_files/revistas/1268689288.pdf#page=57)

Echeita Sarrionandia, G. (2006). *Educación para la inclusión o educación sin exclusiones*. Narcea. Retrieved from [https://books.google.com.ec/books/about/Educación\\_para\\_la\\_inclusión\\_o\\_educaci.html?hl=es&id=iim2Ug7GGV8C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Educación_para_la_inclusión_o_educaci.html?hl=es&id=iim2Ug7GGV8C&redir_esc=y)

ELHANI, C. (2000). On Some Theoretical Grounds for an Organism-centered Biology: Property Emergence, Supervenience, and Downward Causation. *Theory in Biosciences*, 119(3–4), 234–275. <https://doi.org/10.1078/1431-7613-00017>

Flecha, R. (2003). Comunidades de aprendizaje: transformar la organización escolar al servicio de la comunidad. *Organización Y Gestión ...*, (May 2015). Retrieved from [http://www.redes-cepalcala.org/inspector/DOCUMENTOS Y LIBROS/COMPENSATORIA/COMUNIDADES - TRANSFORMAR LA EDUCACION.pdf](http://www.redes-cepalcala.org/inspector/DOCUMENTOS_Y_LIBROS/COMPENSATORIA/COMUNIDADES - TRANSFORMAR LA EDUCACION.pdf)

Franks, N. R., & Sendova-Franks, A. B. (1992). Brood sorting by ants: distributing the workload over the work-surface. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 30(2), 109–123. <https://doi.org/10.1007/BF00173947>

Galán, R. P., Galán, P., & Los, R. (2009). Los nuevos retos del aprendizaje social en niños con necesidades educativas especiales. El aprendizaje en comunidad o la comunidad de aprendizaje en el aula The new challenges of social learning for children with special educational needs. *Learning in the*. Retrieved from [http://www.revistaeducacion.mec.es/re348/re348\\_19.pdf](http://www.revistaeducacion.mec.es/re348/re348_19.pdf)

Harrinson, C. W. (2000). La construcción de las organizaciones sociales como redes múltiples. *Política Y Sociedad*, 33, 97. <https://doi.org/10.5209/POSO.25754>

Ivonne, Y., Villamizar, B., Lizeth, Y., Fuentes, M., Elías, O., & Duarte, T. (2015). Creación de una comunidad de aprendizaje: una experiencia de educación inclusiva en Colombia. *Creation of a learning community: an experience of inclusive education in Colombia*, 13(132), 57–72. <https://doi.org/10.15665/re.v13i2.498>

Johnson, S. (2001). Sistemas emergentes. O qué tienen en común, hormigas, neuronas, ciudades y software. *2003*, 258. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612008000100008>

Johnson, S. (2003a). *Sistemas emergentes : o qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Turner. Retrieved from <https://manuelgross.blogspot.com/2017/01/sistemas-emergentes-el-comportamiento.html>

Johnson, S. (2003b). *Steven-Johnson-Sistemas-Emergentes.pdf*. Madrid.

Kearney, N., Centre, F., & Formació, D. (1972). COMUNIDADES DE APRENDIZAJE: UN ENFOQUE PEDAGÓGICO DE FUTURO AREA TEMÁTICA: El diseño de contenidos educativos y formativos en línea. Retrieved from <http://www.ewenger.com/ewthemes.html>

Kube, C. R., & Bonabeau, E. (2000). Cooperative transport by ants and robots. *Robotics and Autonomous Systems*, 30(1–2), 85–101. [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(99\)00066-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(99)00066-4)

Longworth, N. (2003). El aprendizaje a lo largo de la vida. Ciudades centradas en el aprendizaje para un siglo orientado hacia el aprendizaje. *Barcelona, Transiciones, Piados*, 312. Retrieved from <http://www.crefal.edu.mx/rieda/images/rieda-2004-1/resena2.pdf>

Louise Stoll, P. (2004). Creando y manteniendo comunidades de aprendizaje profesional efectivas. Retrieved from <http://www.fracasoescolar.com/conclusions2005/stoll.pdf>

Martín, M. (2003). Comunidades de práctica. Retrieved from [http://sitios.itesm.mx/va/dide2/doctos\\_2007/dr\\_duran.pdf](http://sitios.itesm.mx/va/dide2/doctos_2007/dr_duran.pdf)

Mingorance, P., & Estebaranz, A. (2009). Construyendo la comunidad que aprende: la vinculación efectiva entre la escuela y la comunidad. *Revista Fuentes*, (9), 179–199. Retrieved from <https://ojs.publius.us.es/ojs/index.php/fuentes/article/view/2546>

Morales, L., Chaclán, C., Maldonado, S., Sontay, G., Montenegro, R., & Magzul, J. (2013). Reforma Educativa en el Aula Fragmento tomado de Comunidades de aprendizaje y círculos

de lectura. Retrieved from [http://www.usaidlea.org/images/Fundamentos\\_de\\_Comunidades\\_de\\_Aprendizaje.pdf](http://www.usaidlea.org/images/Fundamentos_de_Comunidades_de_Aprendizaje.pdf)

Naish, J. (1995). Managing chaos. *Nursing Management (Harrow, London, England : 1994)*, 2(1), 3. <https://doi.org/10.1002/cplx>

Pérez, J. A. (2011). Comunidades de práctica como sistemas emergentes de aprendizaje. *Actualidades Pedagógicas*, 58, 15–27.

Pérez, T. E., Trabajo, E., Por, D., Pilar, D., & Hípola, S. (2010). EDUCACIÓN INCLUSIVA Y LAS COMUNIDADES DE APRENDIZAJE COMO ALTERNATIVA A LA ESCUELA. Retrieved from [http://eprints.ucm.es/15853/1/LA\\_EDUCACIÓN\\_INCLUSIVA.\\_TFM.pdf](http://eprints.ucm.es/15853/1/LA_EDUCACIÓN_INCLUSIVA._TFM.pdf)

Polack, F., & Stepney, S. (2005). Emergent properties do not refine. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 137(2), 163–181. <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2005.04.030>

Ramos, V., & Merelo, J. J. (2002). Self-Organized Stigmergic Document Maps: Environment as a Mechanism for Context Learning. *AEB'02 - Proc. of First Spanish Conference on Evolutionary and Bio-Inspired Algorithms*, (February 2016), 284–293. <https://doi.org/10.1007/BF02879695>

Ribes, M. (2018). *Las comunidades de aprendizaje*. [online] Mariloribesoposicionesmaestros.blogspot.com. Available at: [http://mariloribesoposicionesmaestros.blogspot.com/2015/09/las-comunidades-de-aprendizaje.html?\\_escaped\\_fragment\\_="](http://mariloribesoposicionesmaestros.blogspot.com/2015/09/las-comunidades-de-aprendizaje.html?_escaped_fragment_=) [Accessed 30 Jan. 2018].

Robles Algarín, C. A. (2010). Optimización por colonia de hormigas: aplicaciones y tendencias. *Revista Ingeniería Solidaria*, 6, 83–89.

Rodríguez de Guzmán, J. (2009). Comunidades de Aprendizaje y Formación del Profesorado. *Tendencias Pedagógicas*, (12), 67–86.

Rodríguez Martínez, C. (Coord. . (2014). Revista Interuniversitaria de formación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 81 (28.3), 1–132. <https://doi.org/10.1063/1.3080751>

Roger, P. (2009). Métricas Técnicas del Software. Retrieved from <https://www.uv.mx/personal/asumano/files/2012/08/MetricasTecnicas.pdf>

Rogoff, B. (1993). Aprendices del pensamiento: el desarrollo cognitivo en el contexto social, 17. Retrieved from <http://www.elabrojo.org.uy/wp-content/uploads/2017/06/Rogoff-aprendices-del-pensamiento.pdf>

Sainz, M., Soto, G., Almeida, L., Ferrándiz, C., Ferrando, M., & Fernández, M. C. (2011). Competencias socioemocionales y creatividad según el nivel de inteligencia. *Revista Electrónica Inreruniversitaria de Formación Del Profesorado*, 14, 97–106. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/2170/217022109008/>

Salmon, J. F. (2007). Mind and emergence: From quantum to consciousness. *Theological Studies*, 68(3), 730. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Seeley, T. D. (1989). Social foraging in honey bees: how nectar foragers assess their colony's nutritional status. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 24(3), 181–199. <https://doi.org/10.1007/BF00292101>

Seeley, T. D. (2002). When is self-organization used in biological systems? *The Biological Bulletin*, 202(3), 314–8. <https://doi.org/10.2307/1543484>

Seeley, T. D., Kühnholz, S., & Weidenmüller, A. (1996). The honey bee's tremble dance stimulates additional bees to function as nectar receivers. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 39(6), 419–427. <https://doi.org/10.1007/s002650050309>

Torres, R. M. (2004). COMUNIDAD DE APRENDIZAJE REPENSANDO LO EDUCATIVO DESDE EL DESARROLLO LOCAL Y DESDE EL APRENDIZAJE 1. Retrieved from [http://www.estudiosindigenas.cl/educacion/aprendizaje\\_vida\\_comunidad\\_aprendizaje\\_esp.pdf](http://www.estudiosindigenas.cl/educacion/aprendizaje_vida_comunidad_aprendizaje_esp.pdf)

Venturini, V. (2008). Comportamiento Emergente e Inteligencia Artificial. *Ucasal.Net*, 46–62. Retrieved from <http://www.ucasal.net/templates/unid-academicas/ingenieria/apps/3-p46-Venturini.pdf>