



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 17 de febrero de 2021

Señores  
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Carlos Julio Flórez Ardila, con C.C. No. 1.075.287.193,  
Karen Vanessa Pulido Peralta, con C.C. No. 1.075.434,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado Estrategia Pedagógica Mediada por Técnicas de *Machine Learning* para Potenciar la Habilidad de Pensamiento Crítico Interdisciplinar en Proceso Académicos y Actitudinales presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de magíster en Estudios Interdisciplinarios de la Complejidad;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Carlos Julio Flórez Ardila  
Peralta

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Karen Vanessa Pulido

Firma:

Firma:

Vigilada Mineducación



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Estrategia Pedagógica Mediada por Técnicas de *Machine Learning* para Potenciar la Habilidad de Pensamiento Crítico Interdisciplinar en los Procesos Académicos y Actitudinales.**

**AUTOR O AUTORES:**

| Primero y Segundo Apellido      | Primero y Segundo Nombre      |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Flórez Ardila<br>Pulido Peralta | Carlos Julio<br>Karen Vanessa |

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| N/A                        | N/A                      |

**ASESOR (ES):**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Obregón Neira              | Nelson                   |

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Magíster**

**FACULTAD: Ciencias Exactas y Naturales**

**PROGRAMA O POSGRADO: Maestría en Estudios Interdisciplinarios de la Complejidad**

**CIUDAD: Neiva      AÑO DE PRESENTACIÓN: 30 de enero de 2021      NÚMERO DE PÁGINAS: 194**

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

Diagramas  Fotografías  Grabaciones en discos \_\_\_ Ilustraciones en general \_\_\_ Grabados \_\_\_  
Láminas \_\_\_ Litografías \_\_\_ Mapas \_\_\_ Música impresa \_\_\_ Planos \_\_\_ Retratos \_\_\_ Sin ilustraciones \_\_\_ Tablas  
o Cuadros

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO: UNIDAD DIDÁCTICA**



PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

| <u>Español</u>                | <u>Inglés</u>         | <u>Español</u>           | <u>Inglés</u>    |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------|
| 1. Aprendizaje Supervisado    | Supervised Learning   | 6. Unidad Didáctica      | Didactic unit    |
| 2. Aprendizaje No Supervisado | Unsupervised Learning | 7. Interdisciplinariedad | Interdisciparity |
| 3. Complejidad                | Complexity            | 8. _____                 | _____            |
| 4. Estrategia Didáctica       | Didactic strategy     | 9. _____                 | _____            |
| 5. Aprendizaje Automatizado   | Machine Learning      | 10. _____                | _____            |

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

En esta investigación se explora el uso de técnicas de *Machine Learning* para el diseño de una Unidad Didáctica en pro de potenciar las habilidades del pensamiento crítico interdisciplinar en procesos académicos y actitudinales. Para eso se tuvo como base la aplicación de dos pruebas estandarizadas, una con el propósito de reconocer la relación del pensamiento crítico con respecto al hábito de estudio (HAPE-ITH). Y, la segunda, cuyo objetivo era caracterizar a la muestra a partir de las habilidades de pensamiento crítico en cinco dimensiones; comprobación de hipótesis, razonamiento verbal, análisis de argumentos, probabilidad e incertidumbre y la toma de decisiones y resolución de problemas (HCTAES-Halpern). Esta última se tomó como parámetro para estructurar y evaluar la eficacia de la Unidad Didáctica que según el estudio longitudinal realizado se efectúa antes y después de ser aplicada, siendo así que esta investigación exploratoria de interdisciplinariedad y complejidad fue de tipo mixta con un enfoque cuasiexperimental de investigación – acción. Como conclusión de esta investigación se tiene que; uno, el algoritmo de clasificación, árbol de decisión bajo el modelo de **feature\_importances**, facilita la predicción de la(s) variable(s) que influye(n) más sobre el problema de estudio sin discriminar la característica socioeconómica y cultural de la población. Dos, el *Machine Learning* en la Educación es una herramienta que le permite al docente dar solución a problemas educativos de fondo como; los procesos cognitivos y actitudinales y así promover en ellos el aprendizaje significativo. Y, tres, se propone un método adaptable para aplicar a cualquier contexto.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)



This research explores the use of *Machine Learning* techniques for the design of a Didactic Unit in favour of enhancing the skills of interdisciplinary critical thinking in academic and attitudinal processes. For this, the application of two standardized tests was based, one with the purpose of recognizing the relationship between critical thinking and study habit (HAPE-ITH). And the second, whose objective was to characterize the sample based on critical thinking skills in five dimensions; hypothesis testing, verbal reasoning, argument analysis, probability and uncertainty, and decision making and problem solving (HCTAES-Halpern). The latter was taken as a parameter to structure and evaluate the effectiveness of the Didactic Unit that, according to the longitudinal study carried out, is carried out before and after being applied, thus this exploratory investigation of interdisciplinarity and complexity was of a mixed type with a quasi-experimental approach of investigation action. As a conclusion of this research, it is necessary to; one, the classification algorithm, decision tree under the **feature\_importances** model, facilitates the prediction of the variable (s) that most influences the study problem without discriminating the socioeconomic characteristic and culture of the population. Two, *Machine Learning* in Education is a tool that allows the teacher to solve basic educational problems such as cognitive and attitudinal processes and thus promote meaningful learning in them. And three, an adaptive method is proposed for the applicability to any context and to enhance any human thinking ability.

#### APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Manuel Fernando Ovalle Cerquera

Firma:

Nombre Jurado: Carlos Javier Martínez Moncaleano.

Firma:

Estrategia Didáctica mediada por Técnicas de *Machine Learning* para Potenciar la Habilidad de  
Pensamiento Crítico Interdisciplinar en Procesos Académicos y Actitudinales.

Carlos Julio Flórez Ardila

Karen Vanessa Pulido Peralta

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Maestría en Estudios Interdisciplinarios de la Complejidad

Neiva, Huila

2020

Estrategia Didáctica mediada por Técnicas de *Machine Learning* para Potenciar la Habilidad de  
Pensamiento Crítico Interdisciplinar en Procesos Académicos y Actitudinales.

Carlos Julio Flórez Ardila

Karen Vanessa Pulido Peralta

Tesis presentada para optar al grado de  
MAGISTER POR LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Dirigida por

Nelson Obregón Neira

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Maestría en Estudios Interdisciplinarios de la Complejidad

Neiva, Huila

2020

## RESUMEN

En esta investigación se explora el uso de técnicas de *Machine Learning* para el diseño de una Unidad Didáctica en pro de potenciar las habilidades del pensamiento crítico interdisciplinar en procesos académicos y actitudinales.

Para el diseño de dicha unidad didáctica se tuvo como base la aplicación de dos pruebas estandarizadas, una denominada HAPE - ITH con el propósito de reconocer la relación del pensamiento crítico frente aspectos como el tiempo, lugar y las técnicas de estudio, la concentración y motivación. Y, la segunda, denominada HCTAES – Halpern cuyo objetivo era caracterizar a la muestra en lo que respecta a la habilidad de pensamiento crítico en cinco dimensiones; comprobación de hipótesis, razonamiento verbal, análisis de argumentos, probabilidad e incertidumbre y la toma de decisiones y resolución de problemas. Esta última se tomó como parámetro para evaluar la eficacia de la Unidad Didáctica que según el estudio longitudinal realizado se efectúa antes y después de aplicada, siendo así que esta investigación de interdisciplinariedad fue de tipo mixta con un enfoque cuasiexperimental de corte longitudinal con modalidad de investigación – acción y alcance exploratoria.

La estructura de la Unidad Didáctica se basó en la aplicación de algoritmo de aprendizaje supervisado de clasificación (árbol de decisión) arrojando variables influyentes como lo es la resolución de problema y toma de decisión permitiendo el fortalecimiento de habilidades de pensamiento crítico sin discriminar la característica socioeconómica y cultural de la población. Lo anterior evidencia que el campo del *Machine Learning* en la Educación es un mundo nuevo por descubrir, donde este promueve en los profesionales e investigadores de la Educación a generar cambios positivos en los estudiantes y en el actuar pedagógico reconociendo la necesidad más

inmediata que tengan, fortaleciendo habilidades para la vida. Para finalizar, a partir del proceso de investigación realizado se propone un método adaptable para cualquier contexto siempre y cuando desee estructurar una estrategia didáctica teniendo en cuenta técnicas del *Machine Learning*.

**Palabras Clave:** aprendizaje supervisado y no supervisado, complejidad, estrategia didáctica, interdisciplinariedad, *Machine Learning*, unidad didáctica.

## ABSTRACT

This research explores the use of Machine Learning techniques for the design of a Didactic Unit in order to enhance the skills of interdisciplinary critical thinking in academic and attitudinal processes.

The design of the didactic unit was based on the application of two standardized tests, one called HAPE - ITH in order to recognize the relationship of critical thinking against aspects such as time, place and study techniques, concentration and motivation. And the second one, called HCTAES - Halpern, whose objective was to characterize the sample in respect of critical thinking ability in five dimensions; hypothesis testing, verbal reasoning, argument analysis, probability and uncertainty, and decision-making, problem solving. The latter was taken as a parameter to structure and evaluate the effectiveness of the Didactic Unit which, according to the longitudinal study carried out, is carried out before and after its application; thus, this interdisciplinary research was of a mixed type with a quasi-longitudinal experimental approach with research modality -Action and exploratory scope.

The Didactic Unit was based on the application of a supervised classification learning algorithm (decision tree), yielding influential variables such as problem solving and decision-making, allowing the strengthening of critical thinking skills without discriminating the socioeconomic and cultural characteristics of the population. The foregoing shows that the field of Machine Learning in Education is a new world to discover, where it promotes in Education professionals and researchers to generate positive changes in students and in pedagogical actions, recognizing the most immediate need they have, strengthening life skills. Finally, based on the



research process carried out, an adaptable method is proposed for any context if you want to structure a didactic strategy considering *Machine Learning* techniques.

**Key words:** supervised and unsupervised learning, complexity, didactic strategy, interdisciplinarity, *Machine Learning*, didactic unit.

“... vamos de un mundo de certidumbres a un mundo de probabilidades. Debemos encontrar la vía estrecha entre un determinismo alienante y un Universo que estaría regido por el azar y por lo tanto sería inaccesible para nuestra razón...”

Ilya Prigogine.

“El único conocimiento que vale es aquél que se nutre de incertidumbre. El único pensamiento que vive es aquél que se mantiene a la temperatura de su propia destrucción”

Edgar Morin.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría sido sin el inmenso e inalcanzable esfuerzo realizado por nuestros tutores, Nelson Obregón Neira y Manuel Ovalle Cerquera, sus consejos y revisiones constantes han conseguido que este trabajo llegue finalmente a puerto. También merece un reconocimiento destacado mi compañera Karen Vanessa Pulido Peralta, sin sus ideas, aportaciones, comentarios y buena redacción tampoco habríamos sido capaces de culminar este reto. Como no agradecerle, a las dos instituciones educativas que nos abrieron la puerta facilitando la ejecución de esta propuesta y, de igual manera, la disposición de los estudiantes y en especial el de los padres de familia. No puedo terminar estas palabras sin dedicar este logro a mi familia más cercana y mi amor. Por último, un recordatorio para los profesores quienes desde sus clases nos motivaron, orientaron y perfilaron la idea de esta investigación.

**Carlos Julio Flórez Ardila**

Mis agradecimientos sinceros y profundos en primer lugar a Dios, quien en su misericordia alineó todas las circunstancias para este sueño; a mis amados padres, que me enseñaron el amor a la educación y al esfuerzo constante para ser una profesional íntegra. De manera muy especial a mi amigo y compañero Carlos, gestor de grandes ideas como esta, mi admiración y respeto para siempre; a mis estudiantes del CCPA, quienes con cariño asumieron este proyecto como suyo y fueron protagonistas de este, sin ustedes, nada de esto sería posible. Dedico este logro a MI AMOR, quien me animó desde el primer día y nunca dudó de mí, para ti, mi gratitud por la confianza entregada. Y, finalmente, a nuestros asesores Nelson y Manuel, que dedicaron parte de su tiempo, conocimiento y sabiduría para nuestro proyecto, de igual manera, a los docentes de mi querida Universidad Surcolombiana que nos acompañaron durante estos dos años de vida académica.

**Karen Vanessa Pulido Peralta**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b>   | <b>13</b> |
| 1. <i>Descripción del Problema</i>  | 14        |
| 1.1. Situación Actual de la Enseñanza y Aprendizaje del Pensamiento Crítico | 14        |
| 1.2. El Pensamiento Crítico en la Educación Colombiana                      | 16        |
| 1.3. ¿Cómo Sistematizar el Problema?  | 19        |
| 1.4. Enunciado del Problema   | 19        |
| 2. <i>Estado del Arte</i>   | 21        |
| 2.1. Fortalecimiento del Pensamiento Crítico: Estrategias                   | 21        |
| 2.1.1. Nivel: Educación Superior  | 22        |
| 2.1.2. Nivel: Educación Básica y Media                                      | 23        |
| 2.2. <i>Machine Learning</i> en la Educación                                | 27        |
| 2.3. Reflexión Estado del Arte  | 32        |
| 3. <i>Justificación</i>   | 35        |
| 4. <i>Objetivos de Investigación</i>  | 37        |
| 4.1. Objetivo General   | 37        |
| 4.2. Objetivos Específicos  | 37        |
| 5. <i>Estructura de la Tesis</i>  | 38        |
| <b>CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL</b>  | <b>40</b> |
| 6. <i>Sistemas Complejos</i>  | 40        |
| 6.1. Ley de Potencia y la Autoorganización                                  | 41        |
| 7. <i>Complejidad y Educación</i>   | 43        |
| 8. <i>Interdisciplinariedad</i>   | 46        |
| 9. <i>Pensamiento Crítico</i>   | 47        |
| 9.1. Epistemología y Capacidades del Pensamiento                            | 48        |
| 9.2. Pensamiento Crítico  | 50        |
| 10. <i>Inteligencia Artificial, Minería de Datos y Machine Learning</i>     | 54        |
| 10.1. Inteligencia Artificial (IA)  | 54        |
| 10.2. Minería de Datos y <i>Machine Learning</i>                            | 56        |
| 11. <i>Machine Learning en la Educación y su Aplicación.</i>                | 60        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN Y ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS</b> | <b>63</b> |
| 12. <i>Enfoque de la Investigación</i>                           | 64        |
| 13. <i>Universo de Estudio, Población y Muestra</i>              | 67        |
| 13.1. <b>Universo</b>  | 67        |
| 13.2. <b>Población</b>   | 67        |
| 13.3. <b>Muestra</b>   | 68        |
| 13.4. <b>Criterios Aplicados al Muestreo</b>                     | 69        |
| 14. <i>Fundamentos Éticos</i>                                    | 69        |
| 15. <i>Fases de la Investigación</i>                             | 70        |
| 15.1. <b>Inicialización</b>                                      | 70        |
| 15.2. <b>Trabajo de Campo</b>                                    | 71        |
| 15.3. <b>Finalización</b>  | 72        |
| 16. <i>Técnicas e Instrumentos de Investigación</i>              | 72        |
| 16.1. <b>Encuesta</b>  | 72        |
| 16.2. <b>Pruebas Estandarizadas</b>                              | 73        |
| 16.2.1. <b>HAPE - ITH</b>  | 74        |
| 16.2.2. <b>HCTAES - Halpern</b>                                  | 75        |
| 16.3. <b>Observación Participante</b>                            | 76        |
| 17. <i>Técnicas e Instrumentos de Análisis de Datos</i>          | 77        |
| 17.1. <b>Minería de Datos</b>                                    | 77        |
| 17.2. <b>Python: Google Collaboratory</b>                        | 79        |
| 17.3. <b>Técnicas de <i>Machine Learning</i></b>                 | 80        |
| <b>CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN POBLACIONAL</b>                  | <b>82</b> |
| 18. <i>Información General</i>                                   | 82        |
| 19. <i>Composición Familia</i>                                   | 84        |
| 20. <i>Aspecto Socioeconómico.</i>                               | 86        |
| <b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS</b>                | <b>88</b> |
| 21. <i>Análisis Frecuencial por Tipo de Variables</i>            | 88        |
| 21.1. <b>Prueba estandarizada HAPE – ITH.</b>                    | <b>88</b> |
| 21.1.1. <i>Por reactivo.</i>                                     | 88        |
| 21.1.2. <i>Por variable</i>                                      | 96        |
| 21.1.3. <i>Condensado de la prueba.</i>                          | 99        |
| 21.1.4. <i>Variables por Colegio.</i>                            | 100       |



|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <b>21.2. Prueba HCTAES - Halpern</b>   | <b>101</b>                           |
| 21.2.1. <i>Por situación cotidiana.</i>  | 102                                  |
| 21.2.2. <i>Por dimensión de forma general.</i>   | 113                                  |
| 21.2.3. <i>Comparación por prueba HCTAES entre Colegio Campestre Padre Arturo y Colegio Claretiano de Neiva.</i> | 115                                  |
| 21.2.4. <i>Comparación de variables entre Colegio Campestre Padre Arturo y Colegio Claretiano de Neiva.</i>      | 116                                  |
| <b>22. Sistemas Complejos Adaptativos: Leyes de Potencia</b>   | <b>117</b>                           |
| <b>CAPÍTULO VI: APLICACIÓN DE ALGORITMOS SUPERVISADO Y NO SUPERVISADO</b>  |                                      |
|  | <b>121</b>                           |
| <b>23. Aprendizaje No Supervisado</b>  | <b>121</b>                           |
| <b>23.1. Fase I: Exploración de Datos</b>  | <b>121</b>                           |
| 23.1.1. <b>Procesamiento y Escalado</b>  | 121                                  |
| 23.1.2. <b>Análisis de Componentes Principales: PCA</b>  | 122                                  |
| 23.1.3. <b>Aprendizaje Múltiple con t-SNE</b>  | 124                                  |
| <b>23.2. Fase II: Clustering</b>   | <b>126</b>                           |
| 23.2.1. <b>k-Means</b>   | 126                                  |
| 23.2.2. <b>Aglomerativo</b>  | 128                                  |
| 23.2.3. <b>DBSCAN</b>  | 130                                  |
| <b>23.3. Fase II: Evaluación de los Algoritmos</b>   | <b>131</b>                           |
| <b>24. Aprendizaje Supervisado</b>   | <b>132</b>                           |
| <b>CAPÍTULO VII. ESTRUCTURACIÓN Y APLICACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA</b>  |                                      |
|  | <b>138</b>                           |
| <b>25. Unidad Didáctica, U.D. (construcción de la estrategia – metodología)</b>                                  | <b>138</b>                           |
| 25.1. <b>Semana 1. ¡Biodiversidad!</b>   | <b>141</b>                           |
| 25.2. <b>Semana 2. ¡Un país privilegiado!</b>  | <b>144</b>                           |
| 25.3. <b>Semana 3. ¡Ecosistemas Anfibios!</b>  | <b>148</b>                           |
| 25.4. <b>Semana 4. ¡Tanta agua tiene nombre!</b>   | <b>149</b>                           |
| 25.5. <b>Evaluación de Actividades</b>   | <b>152</b>                           |
| <b>26. Motivación en el Aula</b>   | <b>153</b>                           |
| <b>CAPÍTULO VIII. EVALUACIÓN DE EFICACIA DE LA UNIDAD DIDÁCTICA MEDIADA POR TÉCNICA DEL MACHINE LEARNING</b>     |                                      |
|  | <b>157</b>                           |
| <b>CAPÍTULO IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>   |                                      |
|  | <b>169</b>                           |
| <b>27. Conclusiones</b>  | <b>169</b>                           |
| <b>28. Líneas de Investigación</b>   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>REFERENCIAS</b>   | <b>174</b>                           |



**ANEXO A** \_\_\_\_\_ **180**

**ANEXO B** \_\_\_\_\_ **183**

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La educación y el pensamiento crítico se lleva a cabo en el marco de momentos sociopolíticos globales y el uso de las nuevas tecnologías reestablece y reevalúan la dinámica presente entre estas dos variables, la cual es una habilidad inherente del ser humano crítico y reflexivo. Es decir, la educación se encuentra en un momento complejo de adaptación a la inmediatez del conocimiento redundante sin la reflexión que brindan las nuevas tecnologías y la relación entre el pensamiento humano y él.

En consecuencia, en este capítulo se introduce el problema y el contexto en el que se enmarca la estructura de la Unidad Pedagógica mediada por técnicas del *Machine Learning* para dar solución al problema planteado. En primer lugar, se describe la problemática actual sobre las deficiencias en el fortalecimiento del pensamiento crítico y cómo la tecnología puede dar los primeros pasos para ayudar a resolver los problemas planteados. Posterior a ello, se presenta la Unidad Pedagógica con la que se plantea mejorar dicha problemática a través del uso de técnicas de *Machine Learning*. Luego, se plantea la pregunta problema, el estado del arte en dicha problemática, la justificación de esta propuesta y los objetivos de este. Por último, se muestra la estructura en capítulos de este documento de tesis.

## 1. Descripción del Problema

*“La libertad de expresión es innecesaria si las personas a quienes se les otorga no piensan por sí mismas”*

**Mokokoma Mokhonoana**

### 1.1. Situación Actual de la Enseñanza y Aprendizaje del Pensamiento Crítico

Desde el comienzo de la vida humana, el aprendizaje ha sido una actividad vital que realiza el ser humano, y que ha sido siempre el objeto de estudio de nuestra civilización. Desde entonces, las teorías sobre la naturaleza de esta actividad no han dejado de surgir, y en la actualidad conviven diversas corrientes pedagógicas, enfatizando un aspecto u otro. Sin embargo, si las teorías educativas modernas llegan a un consenso en una cosa, es poner a los estudiantes en el centro del proceso de aprendizaje. El concepto de este proceso hace que sea inevitable la motivación y el compromiso de los estudiantes, o incluso la necesidad de ajustar los contenidos y métodos de acuerdo con el estilo y ritmo de aprendizaje de cada estudiante, para una educación efectiva en un mundo tan cambiante como el de hoy.

En la actualidad, es común escuchar en los educadores que los estudiantes no cuentan con habilidades para la toma de decisiones de manera crítica, pues estos sólo logran a grandes rasgos basarse en información básica y difícilmente logran descifrar la información de trasfondo que presenta cualquier situación; claro está, que para lograr avances en este tipo de habilidad de pensamiento se debe estar inmerso en procesos que le permita al estudiante generar por sí mismo dicha habilidad y logre transformar su entorno adecuadamente. Aguilar (2000) menciona que esta problemática evidenciada en ellos se relaciona también con la pérdida de curiosidad, fuente de

creatividad. Es, por ello que, aprender a analizar, pensar de forma crítica y creativa y ser consciente de ello es una habilidad de aprendizaje que se puede mejorar con el apoyo de la estrategia pedagógica y la práctica continua. En algunos casos, ciertas habilidades de pensamiento se activan automáticamente, pueden darse o activarse de forma inconsciente en el sentido de que el sujeto no se da cuenta, ni de cómo se activan, ni de cómo las usa, lo anterior no permite la autorregulación en las habilidades de pensamiento (Nexen: 1985).

Frente a esta realidad todavía presente en el aula, surgen preguntas como: ¿los modelos y estrategias pedagógicas aplicados para la formación de estudiantes críticos y que generen cambios positivos a su alrededor serán pertinentes en una sociedad digital como la actual? ¿es factible proponer un modelo o estrategia donde el estudiante sea realmente el centro del proceso? Si llegase el caso, ¿pueden ayudarnos las tecnologías de la información en el desarrollo e implementación de este modelo o estrategia pedagógico?

Las preguntas anteriores son la piedra angular de muchos investigadores que han enfatizado ciertos aspectos o conceptos que son necesarios para que los estudiantes desempeñen un papel en el aprendizaje y tomen decisiones asertivas en sus deberes académicos y formativos. Entre ellos, fundamentalmente hablando, la importancia de mejorar la motivación y la creatividad en el proceso de aprendizaje y la autorreflexión de sus decisiones.

En consecuencia, el pensamiento crítico, desde el punto de vista filosófico, es aquella habilidad que facilita la formación de estudiantes críticos, asociando un juicio auto regulado y con propósito (Facione, 2016), dando como resultado la solución a un problema en pro de mejorar la calidad de vida de sí mismo y de su entorno, superando el egocentrismo y el socio centrismo del ser humano (Paul y Elder, 2003). Sin embargo, desde un enfoque pedagógico las actividades planteadas por los docentes para el fortalecimiento en habilidades de pensamiento crítico no

responden a objetivos precisos debido a que no se genera en los estudiantes procesos propios como la argumentación, la reflexión, la autonomía, la resolución de problemas con posibilidad de decidir; por ende, se debe buscar la promoción de un ambiente de «aprendizaje innovador», como lo plantea Martínez (2012), donde se permita la flexibilidad curricular y la participación integral del estudiante mediante la implicación directa de lo que se desee aprender, en este caso fortalecer la habilidad de pensamiento crítico.

Las nuevas tecnologías de la información pueden ayudar en este cambio de paradigma, siendo uno de los mecanismos que puede proporcionar herramientas de apoyo para profesores y estudiantes. La clave para lograr este objetivo es la automatización, porque además de recopilar y procesar grandes cantidades de información, pues pueden facilitar un análisis sustancial y sacar conclusiones que los humanos no podrían por medios manuales. Por un lado, nosotros los profesores podemos utilizar diversas herramientas para satisfacer las necesidades de los estudiantes, supervisar su progreso y realizar evaluaciones formativas adecuadas. Y, por otro lado, los alumnos también pueden aprovechar estos beneficios, pudiendo seguir su propio ritmo de aprendizaje, contar con una atención personalizada y retroalimentación inmediata sobre su trabajo. Además, como casi todos los están usando en su diario vivir, lo cual hace que estos estén más motivados para aprender.

## 1.2.El Pensamiento Crítico en la Educación Colombiana

Contextualizando la problemática hacia la educación en Colombia, esta está regida bajo la Ley General de Educación, Ley 115 de 1994, donde dispone en uno de sus artículos que «el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, reflexivo y analítico son fines primordiales de la educación que fortalecen el avance científico y tecnológico del país», sin embargo, los planes

de estudio giran hacia el desarrollo de competencias cuyo enfoque pedagógico y didáctico va orientado hacia la adquisición de conocimientos disciplinares, aislados uno del otro, los cuales garantizarían el desarrollo intelectual en los alumnos. No obstante, Nickerson (1988) menciona que dichos conocimientos disciplinares son esenciales para el desarrollo del pensamiento, pero no son garantes de un pensamiento crítico. Gracias a las investigaciones realizadas por Glaser (1984), Perkins (1985) y Whimbey (1985) se logra concluir que la escuela no influenciaba en lo más mínimo el desarrollo del pensamiento crítico en sus alumnos, siendo necesario que la enseñanza de dichas habilidades y acciones estén relacionados con actividades cotidianas para su efectiva transferencia (Sáiz y Rivas, 2008; Guzmán y Escobedo, 2006). En consecuencia, para poder facilitar dicha transferencia, se han optado por varias estrategias aplicando desde Procesos de Evaluación Formativa de los Aprendizajes, la Resolución de Problemas hasta Aprendizaje Basado en Problemas (Ortiz, 2013; Rojas, 2014; Cogollo y Romaña, 2016; Sastoque et al, 2016), e incluso, mediante la escritura de crónicas literarias (Rojas y Linares, 2018) las cuales cumplen el propósito de aportar en el fortalecimiento de habilidades de pensamiento no solo en los alumnos sino también en los docentes en formación y en ejercicio.

Ahora, trasladando la problemática alrededor de los estudiantes de grado sexto en los dos colegios de carácter privado se tiene que; para el Colegio Claretiano en sus 52 años de servicio a la comunidad neivana se ha evidenciado en los últimos años que la transición de primaria a secundaria en sus estudiantes no es muy fructífera consolidándose una alta tasa de deserción escolar por varias causas, unas de ellas son las “malas decisiones” del estudiantes al no ser consciente del alto grado de responsabilidad y de exigencia que debe tener en ese grado, además, la adaptación a las nuevas metodologías de los docentes y el acompañamiento no tan ameno por parte de los docentes en sus procesos académicos, formativos y actitudinales -evidenciándose el

proceso de AUTOGESTIÓN mediante el compromiso y la motivación- , al igual que puede que influya factores externos como lo es el contexto familiar, social y cultural, e incluso el económico, y, que todo en conjunto se ve relacionado con la actitud del estudiante en el aula.

Para el contexto del Colegio Campestre Padre Arturo, el cual es una institución fundada en el año 2014, considerándose “nueva” en la ciudad de Neiva, en la cual durante estos años de formación académica secundaria -únicamente-, se ha podido percibir que gracias a factores sociales, familiares, actitudinales y económicos los estudiantes no logran superar con éxito el primer año escolar, prevaleciendo el acompañamiento familiar que de una u otra manera desmotivan al educando y genera un cambio de actitud, esto a su vez, permea en una problemática muy común que se ve reflejada en el bajo rendimiento académico, permitiendo analizar la adaptación del alumnado a nuevas estrategias docentes, el rol del mismo frente a la toma de decisiones en diversas situaciones no sólo a nivel académico sino social, y la manera de cómo disminuir las consecuencias de éste cambio.

Y, es de vital importancia mencionar que los estudiantes del grado sexto experimentan una transición en su ciclo escolar de primaria a secundaria, en la cual se enfrentan con muchos cambios a nivel del entorno, relaciones intra e interpersonales, metodología docente, normas de convivencia, la evaluación, el acompañamiento escolar y familiar, entre otros.

Considerando los planteamientos anteriores, y, basándonos en las dificultades pedagógicas y didácticas que presentan los docentes para potenciar el pensamiento crítico en los dos contextos, se busca que las interacciones académicos-actitudinales junto con los factores externos a la dinámica pedagógica posibiliten identificar e interceder por romper la barrera contextual en su labor pedagógico -incluyendo el tiempo de pandemia. Por consiguiente, este trabajo de investigación tiene como objetivo apoyarse de las herramientas tecnológicas para potenciar las

habilidades de pensamiento crítico interdisciplinar mediante una Unidad Didáctica la cual será estructurada con técnicas de *Machine Learning* para mejorar procesos académicos y actitudinales teniendo en cuenta pruebas estandarizadas, puesto que facilita que el docente conecte la realidad del estudiantes con el conocimiento disciplinar.

### 1.3.¿Cómo Sistematizar el Problema?

La sistematización del problema de investigación dio solución a los siguientes interrogantes: ¿Qué efecto tiene el ambiente socioeconómico y cultural – hábitos de estudio- en la habilidad de pensamiento crítico interdisciplinar en la población de estudio? ¿Cómo identificar la habilidad de pensamiento crítico? ¿Cómo estructurar una Unidad Didáctica a partir de técnicas del *Machine Learning* para potenciar el pensamiento crítico interdisciplinar y fortalecer los procesos académicos y actitudinales? ¿Cómo evaluar la eficacia de la Unidad Didáctica estructurada por medio de técnicas de *Machine Learning*?

### 1.4.Enunciado del Problema

Por tanto, con base en todo lo que se ha venido planteado, se muestra que la importancia de la presente investigación se da en aras de profundizar una temática emergente como lo es el uso de técnicas del *Machine Learning* para estructurar una Unidad Pedagógica, el cual que ha sido poco aplicada en nuestra región sur colombiana y con base en ello, se formula la siguiente pregunta de investigación:



**¿Cómo potenciar las habilidades de pensamiento crítico interdisciplinar en los procesos académicos y actitudinales mediante una Unidad Didáctica estructurada por la implementación de técnicas de *Machine Learning* y aplicada en estudiantes de grado sexto del Colegio Claretiano de Neiva y Colegio Campestre Padre Arturo de Neiva?**

## 2. Estado del Arte

*“El pensamiento crítico es la capacidad de evaluar opciones, sopesar las aberraciones y tomar decisiones no forzadas”*  
**John Baldoni.**

En este apartado se presentan estudios, investigaciones y experiencias de aula relacionadas con estrategias para el fortalecimiento del pensamiento crítico, además de la implementación del *Machine Learning* en la Educación. En primer lugar, se realiza un recorrido por las diferentes estrategias que se han implementado basado en didácticas y pedagogías centrándose en aspectos fundamentales. Posterior a ello, se analiza la aplicación del *Machine Learning* en la Educación presentes en la bibliografía, junto con las técnicas en la que se basan, enumerando sus pros y sus contras. Después de ello, dado que el algoritmo para la toma de decisión a emplear en esta investigación se establece bajo el agrupamiento de Clustering mediante Clúster Jerárquico Aglomerativo, se presenta sus fundamentos y trabajos que la emplean en la educación. Para finalizar, se realiza una reflexión extrayéndose conclusiones que suponen la base de la investigación a desarrollarse.

### 2.1. Fortalecimiento del Pensamiento Crítico: Estrategias

En la educación una de las relaciones entre sus profesionales se establecen gracias a los aportes dadas en las investigaciones y la divulgación en campos pedagógicos y disciplinares permitiendo la construcción de nuevos conocimientos, teorías, conceptos que permean en el auge de novedosas estrategias pedagógicas con el propósito de perseguir el ideal de educación que

confiere desarrollar distintas habilidades y capacidades que faciliten el acceso a un mundo cambiante para los educandos en cualquier nivel educativo. Siendo así que, alrededor del mundo son muchas las estrategias implementadas para fomentar y fortalecer el pensamiento crítico en estudiantes como se mencionan a continuación:

### ***2.1.1. Nivel: Educación Superior***

Las instituciones de educación superior buscan en sus currículos estrategias que dinamicen la formación integral de sus estudiantes, futuros profesionales, donde éstos generen un cambio positivo de su entorno a través de la toma de decisiones beneficiando el bien común sobre el bien propio. Son varias las dimensiones que componen dicha formación, siendo así que el pensamiento crítico genera la convergencia de todas estas potenciando así la habilidad de autorregular y autoevaluar si dicha decisión fue benéfica o si en su defecto se puede mejorar las repercusiones de esta. Hay múltiples estrategias que se han implementado, bien sean para fomentar o fortalecer el pensamiento crítico en estudiantes de cualquier nivel educativo, como, por ejemplo, desde la Educación Superior tenemos la propuesta realizada por Mendoza (2015) quien pretendió valorar el desarrollo de la competencia del Pensamiento Crítico a partir de la implementación de la estrategia metodológica de desarrollo de competencias investigativas en el nivel de educación superior ejecutando un estudio exploratorio de carácter descriptivo con diseño comparativo, llegando a la conclusión que para la formación profesional universitaria en pensamiento crítico, la metodología de enseñanza – aprendizaje centrada en la investigación es más eficiente con respecto a las metodologías tradicionales de procesos de enseñanza – aprendizaje.

Además, Alejo (2017) desde las ciencias sociales buscó responderse a la pregunta del por qué es importante el estudio del pensamiento crítico en estudiantes universitarios, siendo así que

postuló como propósito conocer y valorar la capacidad de Pensamiento Crítico que posee el estudiantado del grado de Maestro/a de Educación Primaria. Y, para cumplir dicho propósito generó una metodología cualitativa des una línea sociocrítica de diseño investigación – acción con alcance descriptivo desarrollándose en dos etapas; la primera correspondiente a la investigación-acción teniendo como objetivo conocer el estado de la formación en relación con el pensamiento crítico que poseían los/as estudiantes diseñando una intervención educativa en el aula orientada a la Enseñanza Primaria recurriendo al currículum del área, a la información y procedimiento grupales, al contexto de intervención y a una comparativa de los datos de esta primer etapa generando un análisis y reflexión de dichos resultados. Por tanto, a partir de lo anterior, continuó con la segunda etapa, la aplicación del cuestionario y grupo de reflexión en pro de explorar las diferencias en cuanto a las dimensiones del Pensamiento Crítico: sustantiva y dialógica en estudiantes universitarios del grado en Maestro/a en Educación Primaria, en los cursos de primero y tercero universitarios/a. De esta manera, Alejo concluye que es posible fomentar el pensamiento crítico en el contexto universitario, se ajusta al deseo de una enseñanza activa y crítica, que prepara al alumnado para una sociedad que demanda mejoras en los ámbitos educativos, sociales, económicos, políticos, etcétera; siempre y cuando reciban una adecuada formación para desarrollar la competencia en pensamiento crítico, que tanto es demandada desde las instituciones universitarias y que abogan por la evaluación de dichas competencias, que se evidencie una educación basada en la pedagogía crítica, donde el estudiantado asuma posturas significativas frente a las realidades de injusticias, inequidad, exclusión y opresión que se presentan en los diferentes contextos generando la posibilidad y exigibilidad del cambio de las estructuras.

### ***2.1.2. Nivel: Educación Básica y Media***

En el nivel de básica secundaria y media, encontramos que son más las estrategias empleadas para el fortalecimiento en la habilidad de pensamiento crítico permitiendo la libre expresión del estudiante e incluso evaluando el dinamismo institucional frente a esta, como es el caso de la investigación de Fitzgerald y Camargo (2016) quienes pretendieron caracterizar las prácticas de gestión que desarrolla una institución educativa para promover el desarrollo del pensamiento crítico, usando una metodología cualitativa en el estudio único de caso con el propósito de conocer la realidad de la institución educativa a partir de criterios predeterminados. Por ende, procedieron a desarrollar el proyecto teniendo en cuenta cinco elementos metodológicos, 1) la indagación preliminar: correspondiendo a la búsqueda información relacionada inicialmente en trabajos, tesis, artículos, libros e investigaciones para así construir el planteamiento del problema y el estado del arte. 2) exploración, lectura y análisis documental: cuyo propósito fue el de encontrar hallazgos y metodologías propias de estos estudios para construir procedimientos de más búsqueda de datos y para saber que se ha investigado hasta el momento o se ha escrito al respecto. 3) recolección de información: en esta etapa se centraron mediante encuestas aplicada tanto a docentes como estudiantes que darían cuenta de la forma como se desarrolla el pensamiento crítico; y, entrevistas semiestructuradas a los directivos para indagar como lo gestionan. 4) definición de categorías para el análisis previo que les sirvieran como marco de la búsqueda de la documentación teórica y que fuera coherentes con los objetivos de la investigación, dichas categorías fueron seleccionados, pensamiento crítico (estrategias efectivas, habilidades cognitivas macro y micro), y, gestión (gestión directiva y gestión pedagógica). Y, 5) análisis de la información recolectada donde las entrevistas y encuestas fueron organizadas en una matriz que incluye la categoría, los subtemas hallados relacionados con la categoría y la fuente de donde procede la información, dicho instrumento les permitió agrupar los datos y facilitar el análisis cualitativo,

además es valioso mencionar que dicho análisis no sólo incluye aspectos relacionados con las entrevistas y encuestas, sino que se entrecruzan diferentes fuentes de información. (Documentos y observación). Por tanto, en esta investigación se concluye que para una organización estratégica de las instituciones hacia una educación que desarrolle el pensamiento crítico debe tener una estrecha relación entre la gestión directiva y pedagógica junto con la práctica docente y las acciones de los estudiantes, si es cierto que las dinámicas de las instituciones educativas se han complejizado y evolucionado en el sentido de tener su propia autonomía en pro de alcanzar objetivos, metas y aspiraciones particulares o que suplan la necesidad de la sociedad en la que se encuentre sumergido la institución y los estudiantes.

De acuerdo con la experiencia vivenciada por Rojas y Linares (2018) en su investigación denominada fortalecimiento del pensamiento crítico a través de la escritura de crónicas literarias, tuvo como propósito analizar los procesos de fortalecimiento de pensamiento crítico a partir de la implementación de una propuesta didáctica de escritura de crónicas literarias en los estudiantes del curso 605 del colegio Manuel Cepeda Vargas IED, jornada mañana. Y, para ello desarrollaron cuatro fases en su ruta metodológica. Fase I: consistiendo en la elaboración de una matriz de antecedentes en la cual se organizaba la información que exploraba el panorama investigativo con respecto a la escritura, a la crónica literaria, el pensamiento crítico y la sistematización de experiencias usando la secuencia didáctica como estrategia metodológica, además de la aplicación de una prueba diagnóstica en la cual se buscara observar la coherencia y cohesión en la composición del texto escrito, su punto de vista y argumentación sobre el homosexualismo y las relaciones afectivas tradicionales. Fase II: denominada diseño e implementación de la secuencia didáctica, abarcando 11 actividades con sus respectivas sesiones; de igual forma, las actividades que se plantearon contribuyeron para que al analizar los resultados se viera el progreso en escritura,

crónica y pensamiento crítico. Fase III: análisis de resultados para ello tuvieron en cuenta el cuadro de descripción, análisis y reflexiones de la secuencia didáctica, los audios y videos de cada sesión, generando unas unidades de análisis que daban cuenta de los momentos específicos en los cuales se evidenciaban aspectos característicos y estructurales de la crónica, pensamiento crítico y escritura, y, al mismo tiempo, al agrupar estas unidades de análisis por elementos que comparten en cuanto a temática, significación o desarrollo de pensamiento, surgieron unas subcategorías que se relacionaban con los objetivos específicos de la investigación. Dichas subcategorías analíticas eran pertinentes para las categorías preestablecidas de Crónica y Pensamiento Crítico, permitiendo encontrar relaciones de las interpretaciones que se hacían de la información obtenida para así darle validez a los hallazgos de la investigación. Y, en la fase IV: triangulación de los datos se combina lo cuantitativo (matriz de seguimiento crónica y pensamiento crítico) con lo cualitativo (matriz de análisis de evidencias), siendo así que esta última fase les permitió direccionar el problema de la investigación y ver los caminos posibles para alcanzar los logros planteados en ella. Por tanto, concluyeron que las crónicas no sólo fortalecen el dominio de aspectos formales, estructuras y de contenido en sus trabajos textuales sino también en las habilidades para hacer inferencias y así llegar a conclusiones para luego dar su punto de vista y reconocer el de los demás. Siendo así, que recomiendan que en la elaboración de las actividades debe resaltar la necesidad de que los estudiantes reflexionen acerca de su contexto y confronten su propio punto de vista y lo reconozcan en situaciones de alteridad.

Siguiendo la misma línea de la investigación de Rojas y Linares, tenemos la de Ríos (2019) quien buscó conocer la relación entre el pensamiento crítico y la comprensión de lectura en estudiantes de cuarto año de secundaria de un colegio particular del distrito de San Isidro (Perú), identificando los rasgos del pensamiento crítico en su población a investigar, además de

caracterizar el nivel de comprensión de lectura para luego establecer relaciones entre las variables del pensamiento crítico y la comprensión lectora. La investigación de Ríos se realizó en el marco de un enfoque cualitativo de nivel descriptivo con diseño correlacional simple ya que buscaba determinar el grado de relación existente entre dos variables, el pensamiento crítico y la comprensión de lectura en estudiantes de cuarto año de secundaria; empleando como técnicas e instrumentos de recolección de datos una prueba de evaluación de los rasgos del pensamiento crítico, y, una prueba de comprensión lectora (DET). Además, como técnica para procesar y analizar los datos, Ríos empleó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov – Smirnov el cual le permitió determinar el grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos o puntuaciones observadas y una distribución teórica específica (Siegel y Castellan, 2003). Seguido del coeficiente de correlación por rangos de Spearman. De lo anterior, encontró que no hay ninguna relación estadísticamente significativa entre las variables de estudio y tampoco entre los rasgos de argumentar y evaluar, a excepción del rasgo de interpretar. En consecuencia, Ríos recomienda que se debe tener en cuenta a una muestra mucho más amplia para la obtención de resultados significativos debido a que ella sólo tuvo en cuenta el año de estudio y el sexo femenino, además de la realización comparativa con otras instituciones. También recomienda que se debe estimular en los estudiantes el pensamiento crítico propiciando un estilo de enseñanza donde se fomenta el desarrollo de habilidades en este tipo de pensamiento como lo es la de interpretar, analizar, evaluar y argumentar sus posiciones teóricas y la aprensión de conocimientos para que les sean funcionales en su vida futura.

## 2.2. *Machine Learning* en la Educación

Como se ha visto previamente, hay múltiples estrategias pedagógicas y didácticas que facilitan la formación de estudiantes críticos con la habilidad de transformar su entorno, no obstante, las herramientas tecnológicas y de inteligencia artificial pueden ser de gran ayuda aumentando la eficacia en la potencialización en la habilidad de pensamiento crítico.

Recientemente, el uso del aprendizaje automatizado -o *Machine Learning*- en muchas disciplinas se ha convertido en una opción novedosa debido a que proporciona excelentes resultados. Las técnicas tanto de predicción como de clasificación y descripción no son ajenas a dicha optimización. Por ende, en este apartado se mostrará investigaciones donde han empleado técnicas del *Machine Learning* para el beneficio de la Educación.

En primera instancia, tenemos a Candia (2019), quien con su investigación buscó predecir el rendimiento académico de los estudiantes de la UNSAAC (Cusco Perú) del primer semestre a partir de sus datos de ingreso. Dicha investigación se enmarcó desde una visión cuantitativa de tipo correlacional no experimental, recolectando la información a partir de encuesta e información de los promedios ponderados en el primer semestre. Para su análisis emplearon la metodología CRISP-DM (*Cross Industry Standard Process for Data Mining*), el cual estuvo comprendida por seis fases de la siguiente manera; fase uno, comprensión del negocio; fase dos, comprensión de datos; fase tres, preparación de datos; fase cuatro, modelado; fase cinco, evaluación; y fase seis, despliegue. Además, cada fase tenía sus propias etapas las cuales se mencionará aquellas que llegarían a ayudar con la presente investigación:

Fase I: determinación de los objetivos de Minería de Datos cuya funcionalidad fue la limpieza de los datos determinando los factores más importantes, además de analizar y determinar el algoritmo adecuado para la predicción.

Fase II: comprendida por la recopilación de datos iniciales mediante la descripción, exploración y verificación de calidad de los datos.

Fase III: preparación de los datos mediante la selección de datos más relevantes, limpieza de los datos empleando herramientas de WEKA y Microsoft Excel 2016, para luego construir de nuevos datos convirtiéndolos a intervalos numéricos para así, integrar los datos contando con 79 atributos y 12609 registros, los cuales fueron empleados para la predicción del rendimiento académicos.

Fase IV: se seleccionó cinco algoritmos proporcionados por WEKA 3.8, los cuales fueron árbol de decisión J48, árbol de decisión Random Forest, Vecinos más cercanos, función logística y perceptrón multicapa. Para la generación del modelo se dividió la información en dos grupos, el primero para el entrenamiento y el segundo para la prueba

Fase V: para la evaluación, de los resultados obtenidos a partir de la prueba por WEKA se generó un prototipo con lenguaje de programación JAVA y NETBEANS IDE 8.2 teniendo su propio proceso de cargar el archivo para luego predecir el rendimiento académico del semestre seleccionado. No obstante, para la obtención de una predicción con mayor porcentaje se requerirá el ingreso de más estudiantes de semestre posteriores.

Fase VI: siendo así que en esta fase se procedió a la distribución de la tesis, enfocada a la entrega del prototipo a las instancias correspondientes de la Universidad.

De los resultados obtenidos la predicción del rendimiento académico empleando algoritmos de aprendizaje automatizado fue de hasta un 69% de efectividad, siendo el Random Forest con el mejor performance, prosiguiéndole la Regresión Logística. Además, teniendo en cuenta los factores claves como la nota de ingreso, la escuela profesional que se estudia, el semestre, el género, y la modalidad de ingreso mostraron una correlación estrecha cumpliéndose

con la hipótesis planteada. En consecuencia, se recomienda que el uso de técnica de aprendizaje automatizado podría ser una herramienta que apoye a la toma de decisiones y a mejorar las políticas para un buen rendimiento académico de los estudiantes.

En concordancia con la anterior investigación, se tiene que Méndez y López (2019) realizaron una con el mismo propósito, pero partiendo desde el desarrollo del espacio proyecto del Pensamiento Espacial, dicha investigación fue realizada en Colombia. Además de lo anterior, dicha tesis buscaba identificar los grupos de estudiantes que puedan presentar un desempeño bajo en el desarrollo de esta proyectiva con el fin de tomar acciones tempranas para mejorar su desempeño en las pruebas realizadas en la institución al finalizar su periodo académico.

Antes de aplicar la técnica de *Machine Learning*, los estudiantes resolvieron dos pruebas: una prueba simulacro donde los estudiantes objeto de estudio respondieron una prueba simulacro tomada del modelo de pruebas que aplicó la Universidad Nacional de Colombia en el proceso de admisión para el segundo semestre del año 2010. La prueba estaba conformada por 15 preguntas y se aplicó a los 153 estudiantes de la Institución Educativa Departamental General Carlos Albán del municipio de Albán – Cundinamarca.

La otra prueba que resolvieron los estudiantes de grado octavo, noveno, décimo y once del año 2019 fue una encuesta cuyo propósito fue el de conocer las condiciones sociodemográficas de los estudiantes. La prueba estuvo conformada por 33 grupos de preguntas relacionadas con datos personales, estudios realizados; datos de estudio, datos laborales, salario de los padres; datos de vivienda y comodidades de vivienda.

En la investigación se usó como enfoque metodológico el modelo CRISP-DM que significa Cross Industry Standard Process for Data Mining. El modelo CRISP-DM actúa como marco de

trabajo propio del desarrollo de proyectos que abordan investigaciones basadas en minería de datos y técnicas de *Machine Learning*. (Fuentes, 2018).

La investigación se desarrolló en tres etapas: 1-) adaptación de la Prueba de Admisión de la Universidad Nacional de Colombia, 2-) diseño de encuesta simulacro conformada por variables sociodemográficas y 3-) diseño del modelo de: procesamiento, sanidad de datos y desarrollo del modelo predictivo con técnicas de *Machine Learning*.

Se concluye que la aplicación de técnicas de *Machine Learning* y simulación para el desarrollo de un modelo que permita la predicción del desempeño de los estudiantes de Educación Básica y Media se constituye como una herramienta eficaz para el docente, ya que pueden clasificar a los estudiantes y conocer con alto grado de precisión las categorías de DESEMPEÑO\_BAJO y DESEMPEÑO\_ALTO de los aprendices; esta es una ventaja que permite a los docentes crear estrategias en cada una de sus asignaturas para orientar al desarrollo del pensamiento espacial a partir de la Teoría del Desarrollo del Conocimiento Espacial de Piaget.

Por último, las actividades que se desarrollan en el aula se pueden transformar con la aplicación sistemática de una metodología como la CRISP donde el *Machine Learning* se constituye en una aplicación que da dar respuesta a algunas preguntas de investigación, hace productivos este tipo de modelos y convierte las instituciones educativas en centros inteligentes de formación.

En contraste a las anteriores investigaciones, se tiene el propuesto por Aguirre y Veneri (2018) quienes modelaron la promoción educativa de estudiantes de cuarto año de educación media pública en Uruguay con datos provenientes del programa Compromiso Educativo (CE) del año 2012. Con tal fin se emplearon distintos modelos de clasificación: regresión logística, árboles de clasificación CART, árboles de clasificación de inferencia condicional (CTREE) y bosques

aleatorios (con CART y CTREE); se exploraron distintas técnicas para seleccionar el conjunto de datos de aprendizaje: simple, Down y SMOTE. La estimación del poder predictivo se realizó mediante un proceso basado en la validación cruzada, utilizando herramientas de diseño de experimento para medir diferencias significativas entre distintas estrategias de modelización. Los resultados obtenidos indican que el bosque aleatorio basado en árboles CTREE y con muestreo simple del conjunto de aprendizaje, presenta en promedio mejores resultados al medir el área bajo la curva ROC (79.54 %) y su versión parcial (66.85 %), sin embargo, existen otras alternativas frente a las cuales no existen diferencias estadísticamente significativas.

Tomando este modelo como el mejor candidato, se estudió la importancia de las variables y sus efectos parciales. El deber exámenes, imaginarse estudiando en educación terciaria, haber repetido en educación media y si su familia lo imagina en educación terciaria son las variables que tienen mayor incidencia sobre el AUC. Los gráficos de dependencia parcial indicaron que no deber exámenes, no haber repetido, imaginarse en educación terciaria y que su familia lo imagine en educación terciaria tienen un efecto positivo sobre la probabilidad de aprobar. Finalmente, se sugiere un punto de corte de 0.78 para el problema de clasificación en base a este modelo y pruebas de entrenamiento y testeo.

### 2.3. Reflexión Estado del Arte

En este apartado se presentan las conclusiones extraídas de todos los trabajos analizados en el estado del arte. Estas conclusiones proporcionan una guía para el estilo de investigación propuesto en este documento:



- En concordancia con los planteamientos establecidos por Lipman (1988) donde se manifiestan que hay pocas habilidades de generar algún tipo de cambio en el pensamiento de los estudiantes de Educación Superior, las investigaciones y experiencias que se mostraron demuestran que si es posible fortalecer y formar profesionales con dichas habilidades.
- El pensamiento crítico se puede abordar desde cualquier habilidad y el empleo de diferentes estrategias para fortalecerlo se ve evidenciada en los estudios postulados previamente. Sin embargo, hay falencias conceptuales con respecto al pensamiento crítico donde Mendoza la limita a solo fortalecer las habilidades de comprensión lectora y saber expresarse a través de un escrito, pero resulta que dicho pensamiento es mucho más que ello, debido a que trasciende a esferas sociales incluyendo la relación del ser humano con su entorno ambiental. Siendo así que, para potenciar el pensamiento crítico no necesariamente se puede aplicar estrategias en la Educación Superior, ya que, a partir de los estadios del desarrollo cognitivo postulados por Piaget, los estudiantes de secundaria tienen la capacidad de aprender sistemas abstractos del pensamiento que le permiten usar la lógica proposicional, el razonamiento científico y proporcional.
- El uso del aprendizaje automatizado en el campo educativo sólo se ha venido enfocando a modelos/algoritmos de predicción, siendo estos muy dispares, lo que indica que hay mucho tramo por el cual recorrer, en especial, cuando no hay un cuerpo definido en esta disciplina. Los métodos, tipos de datos, métodos para proporcionar resultados y conclusiones no han sido bien desarrollados o reconocidos. Todo ello justifica la necesidad de realizar más investigaciones sobre esta disciplina emergente.



- Con respecto a los datos, no hay consenso (utilizando datos y resultados de aprendizaje), pero en investigaciones recientes, parece que de hecho se reconoce gradualmente que una combinación de dos tipos de datos puede proporcionar mejores resultados.
- Sobre la forma de estructurar una Unidad Pedagógica para potenciar o fortalecer una habilidad humana, son nulos los estudios sobre esta temática, sin embargo, brindan metodología para el procesamiento de la información obtenida desde una minería de datos y técnicas del *Machine Learning*, donde se pueda describir para luego predecir el fenómeno.
- Y, en cuanto a la representación de los datos, no parece haber una forma de presentarlos coincidentemente aceptada. La mayoría lo hacen mediante clasificación y predicción o proporcionando una representación textual de la probabilidad de pertenecer a una u otra categoría. En consecuencia, se debería tener una representación simple, intuitiva, pero al mismo tiempo poderosa, tanto para docentes como para estudiantes e investigadores.

### 3. Justificación

Las herramientas en el campo del *Machine Learning* son muy variadas y utilizadas actualmente en distintos campos del saber, si bien es cierto, las tecnologías están en auge, pero no es un secreto que la educación aún se rehúsa a nuevos cambios que permitirían mejorar muchas de las problemáticas a las que nos enfrentamos actualmente, sin embargo, gracias a los avances investigativos, se conoce que esta disciplina emergente ayuda a la eficacia en el fortalecimiento de procesos cognitivos, académicos, formativos y actitudinales en los estudiantes, sobre todo cuando estos están inmersos en una sociedad cada vez más digitalizada. Para los profesionales e investigadores de la educación poder potenciar cualquier tipo de habilidad para la vida en los estudiantes a partir de los imaginarios sociales y contextos que poseen estos, además, llevar el respectivo seguimiento frente al proceso cognitivo y formativo no es nada sencillo, siendo aún más complejo integrar desde los conocimientos disciplinares, su diario vivir. No obstante, estructurar y evaluar una estrategia didáctica mediada por técnicas del *Machine Learning*, permitiría evidenciar un avance significativo dentro de los procesos de aprendizaje en el estudiantado, saliendo de la pedagogía tradicional, brindando nuevas herramientas que permitan la toma de decisiones frente a situaciones cotidianas aún ajenas para los mismos y generando nuevos espacios para los cambios venideros en el auge de las tecnologías en la educación.

Nuestra investigación pretende explorar un campo poco estudiado en lo que respecta a la aplicación del *Machine Learning* en la educación, esencialmente en la básica secundaria, donde con ayuda de técnicas propias de esta disciplina (como el aprendizaje semi supervisado) se proyecta proponer una estrategia didáctica para potenciar las habilidades del pensamiento crítico

interdisciplinar en los procesos académicos y actitudinales, como respuesta a las distintas experiencias que vivencian los estudiantes del grado sexto y la manera de cómo afecta en su entorno social, cultural, económico y familiar. Además de lo anterior, esta tesis de investigación tiene una implicación en nuestra formación como docentes y en el ámbito personal, debido a que surge un interés por innovar y aprender temas nuevos que tengan aplicabilidad en la toma de decisiones y resolución de problemas en situaciones reales, promoviendo la interdisciplinariedad e incentivando a los demás profesionales de la educación el uso de herramientas tecnológicas actuales que puedan ser empleadas en su quehacer diario y les permita la solución de problemas propios en el aula.

Finalmente, se justifica esta investigación debido a que se propone una nueva perspectiva en la cual las técnicas propias del *Machine Learning* sean aplicadas no sólo para predecir si el estudiante aprobará o no un curso o el año escolar sino también para estructurar y evaluar una estrategia didáctica que busque potenciar y fortalecer habilidades propias del ser humano, en este caso, el pensamiento crítico.

## 4. Objetivos de Investigación

### 4.1. Objetivo General

Proponer una estrategia didáctica que potencie las habilidades de pensamiento crítico interdisciplinar en los procesos académicos y actitudinales mediante una Unidad Didáctica diseñada a través de la implementación de técnicas de *Machine Learning* en estudiantes de grado sexto del Colegio Claretiano de Neiva y Colegio Campestre Padre Arturo de Neiva.

### 4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de las distintas estructuras socioeconómicas y culturales que intervienen en las habilidades del pensamiento crítico de la población de estudio del Colegio Claretiano de Neiva y Colegio Campestre Padre Arturo de Neiva mediante la aplicación de encuesta propia y prueba estandarizada respectivamente.
- Estructurar una Unidad Didáctica mediada por técnicas del *Machine Learning* que fortalezca la habilidad de pensamiento crítico en los procesos académicos y actitudinales.
- Evaluar la eficacia de la estrategia didáctica diseñada e implementada para un caso de estudio en el Colegio Claretiano de Neiva y Colegio Campestre Padre Arturo de Neiva.

## 5. Estructura de la Tesis

Una vez realizada la introducción al trabajo, el resto de la tesis se ha estructura en ocho capítulos y dos anexos de la forma que se describe a continuación:

- En capítulo 2 se detalla todos los referentes teóricos que sustentan a la investigación describiéndolos de forma general a lo particular, iniciando por la complejidad, los sistemas complejos adaptativos, la interdisciplinariedad, el pensamiento crítico, la inteligencia artificial desde el *Machine Learning* y la minería de datos, y, finalizando con las aplicaciones que se le ha dado en el campo de la educación.
- En el capítulo 3 se describe la metodología de la investigación teniendo en cuenta el tipo, enfoque y alcance de dicha propuesta, además de explicar la selección de la muestra y finalizando con la metodología CRISP propia de la Minería de Datos y los instrumentos empleados.
- En el capítulo 4 se muestra los resultados obtenido a partir de la encuesta socioeconómica representados mediante diagrama de cajas.
- En el capítulo 5 se realiza un análisis estadístico descriptivo de los resultados iniciales tanto de la prueba HAPE – ITH como de la HCTAES - Halpern representados mediante histogramas y diagramas de cajas, pero, a partir de esta última se identifica el grado de fiabilidad de estos mediante el índice de alfa de Cronbach y la correlación de las variables de dicha prueba mediante el índice de correlación de Pearson. Prosiguiendo con un análisis a través de las Leyes de Potencia con el propósito de identificar si la problemática se asemeja a un sistema complejo adaptativo. A partir de dichos resultados se procedió a



analizarlos mediante técnica de aprendizaje no supervisado y una vez reconocido la aplicación de la Ley de Potencia se toma como variable de salida a dicha situación que se comporta como un sistema autoorganizado.

- En el capítulo 6 se explica el diseño y aplicación de la estructura de la Unidad Pedagógica teniendo en cuenta los resultados iniciales procesados de la prueba estándar HCTAES – Halpern.
- En el capítulo 7 se expone el impacto de la Unidad Pedagógica estructurada por técnicas del *Machine Learning*, comparando los resultados iniciales con los finales de la prueba HCTAES – Halpern pasando esta última por el modelo no supervisado para luego, pasarlo a un modelo supervisado teniendo en cuenta la variable de salida a la toma de decisión y resolución de problema.
- En el capítulo 8 se presenta las conclusiones de la investigación realizada, reflejando el grado de consecución de los objetivos planteados al inicio de este trabajo. Asimismo, se plantean las posibles líneas de continuación del trabajo desarrollado en esta tesis resumidos como recomendaciones.
- El anexo A contiene el cronograma de la investigación, además de los formatos de consentimiento información a padres de familia y aprobación por parte de la Institución Educativa.
- El anexo B incluye las encuestas y los pruebas estandarizada HAPE – ITH y HCTAES – Halpern empleadas, además del formato de planeación.

## CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL

*“La esencia de la mente independiente no radica en lo que piensa, sino en cómo piensa”*  
**Christopher Hitchens.**

El proceso educativo le apuesta al desarrollo del aprendizaje de los estudiantes como modelo de enseñanza, es claro resaltar que dentro del proceso educativo existen innumerables factores dentro de los cuales la investigación incide directa o indirectamente en el modo en que se afianza el aprendizaje en estudiantes, además que se convierte en parte esencial en la evolución y desarrollo de los conocimientos. Siendo así que, la aplicación de nuevos enfoques a la educación robustece la práctica del docente con el propósito de generar cambios en sus estudiantes y que estos a su vez transformen su realidad. Por tanto, en este apartado se describe desde varios autores un marco conceptual frente a disciplinas emergentes que contribuyen y facilitando la labor del docente en especial aquel que es investigador.

### 6. Sistemas Complejos

Teniendo en cuenta que los Sistemas Complejos son propios de la Ciencias de la Complejidad, Maldonado (2014) menciona que esta ciencia tiene como objeto de estudio los fenómenos, sistemas o comportamientos cada vez más complejos, es decir que aprendan y se adapten, que estén lejos del equilibrio respondiendo a lo que Nicholis y Prigogine (1994) llaman la flecha del tiempo de la termodinámica del no-equilibrio. Pero, a su vez esta ciencia no está

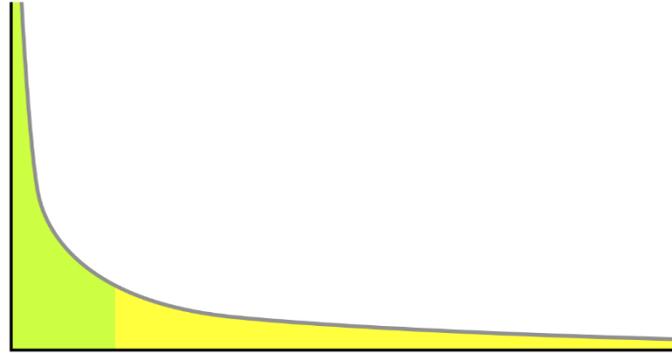
interesada en estos complejos; lo que hace que esta interacción delimite este campo de conocimiento con las ya existentes.

Desde la ciencia de la complejidad, se han producido una serie de fenómenos que hacen que los sistemas adaptativos complejos sean muy especiales transformando los conocimientos actuales en unos más profundos. Y es aquí, como lo menciona Holland (2004) se requiere de una teoría que facilite la separación de lo fundamental para esta disciplina, de las peculiaridades casuales. En consecuencia, Maldonado menciona que la complejidad creciente se ha caracterizado de varias maneras, como por ejemplo los sistemas complejos adaptativos o como sistema emergente (Gell-Mann, 2003), siendo así que para el problema que se está tratando en este documento se basa desde la teoría de la Ley de Potencia.

### **6.1.Ley de Potencia y la Autoorganización**

El primer estudio relacionado con este tema (Ley de Potencia) fue el trabajo de Pareto en 1897, quien describió la distribución de la renta en Italia. También se tiene los trabajos de Estoup (1916) y Zipf (1932) relacionados con la frecuencia de palabras en el lenguaje.

Pero entonces, ¿qué significa la ley de potencia? Esta Ley es una relación matemática especial entre dos cantidades; una perteneciendo a la frecuencia del evento y la otra al tamaño del evento, si como resultado de la interacción de dichas variables se tiene que las frecuencias disminuyen muy lentamente a medida que aumenta el tamaño del evento, ver Figura 1, dicha relación es una distribución de Ley de Potencias. Esta Ley se puede encontrar tanto en el mundo real como en el artificial, siendo así, aplicables en todas las escalas.



**Figura 1.** Representación de una Ley de Potencia.

La ley de potencia refleja una organización y cambio en los patrones propio de los sistemas complejos. Su representación gráfica es diferente de la forma de curva de Bell. En comparación con lo que se espera con el uso de estadísticas "normales", los eventos que aplican estas leyes ocurren con mayor frecuencia. Esto se debe a la interdependencia entre los agentes responsables de estos eventos. La ocurrencia de este fenómeno se denomina interrupción repentina y debe considerarse para evitar accidentes negativos.

Brown *et al* (2002) creen que las Leyes de Potencia son una característica común de los sistemas complejos, puesto que los aspectos en estructura y función de estos sistemas siguen siendo autosimilares en muchas escalas temporales y espaciales, suponiendo que estas reflejan los resultados de mecanismos simples siendo resultado de algunos principios físicos, biológicos y matemáticos.

En las estadísticas "normales", la distribución gaussiana se usa generalmente para aplicar el promedio. Por el contrario, en un sistema adaptativo complejo, existen grandes interconexiones e interdependencia entre sus elementos, y la distribución normal no es la norma. La retroalimentación positiva puede conducir a eventos extremos que ocurren con más frecuencia de lo esperado por la curva estadística en forma de campana de Gauss; sin embargo, en la retroalimentación negativa autorregula o autoorganiza al sistema dirigiéndola hacia un fin, es

decir, hace que un sistema complejo derive a un sistema complejo adaptador (Jhonson, 2011), lo que permite que la interdependencia entre los elementos del sistema es la clave para la explicación de este fenómeno.

El concepto de adaptabilidad en Sistemas Complejos Adaptativos tiene el significado de que la ocurrencia de conversión no tiene nada que ver con el entorno y ocurre a través de un proceso de retroalimentación negativa, como lo postula Wagensberg, 2004: 109:

*“La clave es elegir la incertidumbre como la medida relevante del entorno. Lo esencial no es atender y responder a unas fluctuaciones concretas y determinadas del entorno, sino tener la elasticidad para encajar las fluctuaciones de un entorno en principio caprichoso e imprevisible. Resulta fácil inventar una máquina que anule los efectos de unas perturbaciones conocidas de antemano, pero resulta muy difícil que se defienda de la incertidumbre...un individuo progresa en un entorno si gana independencia con respecto al mismo”*

## 7. Complejidad y Educación

Al hablar de complejidad son muchas las definiciones que se han planteado, unas distintas de las otras, incluso unas difiriendo de las otras, por esto se ha vuelto tan difícil de definir como concepto, tanto así que algunas se quedan en relacionarlo con difícil o algo que presenta un cierto grado de dificultad que se sale de la normalidad. En su gran mayoría las tantas definiciones que se han entregado para este concepto se quedan cortas en un aspecto u otro, clasificando algo como complejo que intuitivamente veríamos como simple, o negando a un fenómeno obviamente

complejo la etiqueta de complejidad. Además, estas definiciones solo son aplicables a un dominio muy restringido, como algoritmos informáticos o genomas, o tan vagas que casi no tienen sentido (Heylighen, 1996).

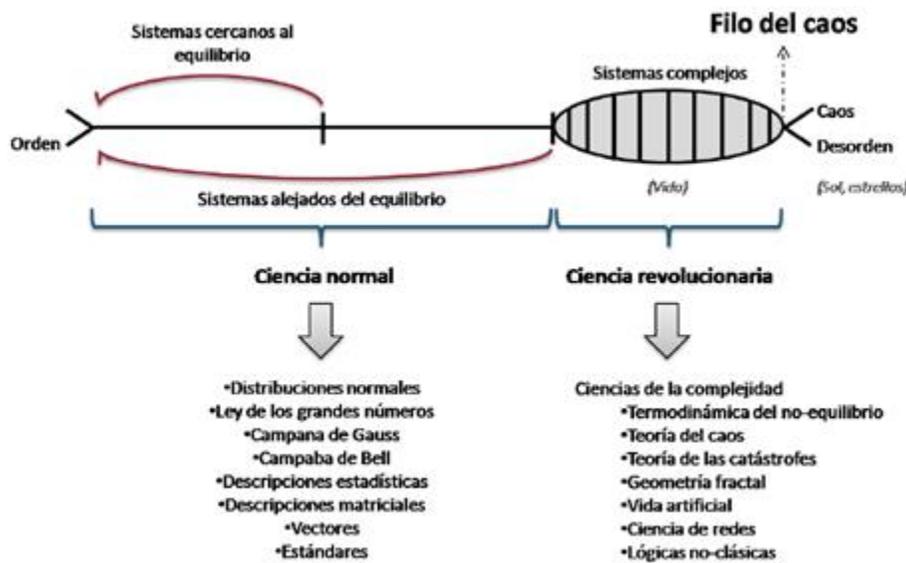
La complejidad es un enfoque todavía emergente en numerosos programas científicos de investigación, y se extiende a un amplio espectro de disciplinas. En la medida en que estos programas de investigación aspiran a convertirse en un campo interdisciplinar unificado, cuyo propósito es descubrir los principios esenciales de todos los sistemas complejos, vivientes y no vivientes, reciben en conjunto el nombre de “ciencia de la complejidad”. Por el momento, sin embargo, ni la naturaleza de la ciencia de la complejidad ni su objeto están bien definidos (Barrett, 2017).

Las ciencias de la complejidad constituyen una nueva revolución científica, pues en sí misma, la ciencia de la complejidad busca romper la forma en que se comprenden disciplinariamente las ciencias y el conocimiento, y propone abarcar enfoques transversales interdisciplinarios.

Entonces de este modo se puede afirmar que las ciencias de la complejidad enfocan sus conocimientos en los fenómenos que salen de la explicación de la conocida ciencia clásica, es decir, puntualmente la complejidad estudia los fenómenos, comportamientos y sistemas no lineales y la forma en que la no-linealidad surge. De esta forma, las ciencias de la complejidad representan una auténtica revolución en el conocimiento, al mejor estilo de las revoluciones científicas estudiadas por T. Kuhn, pero que en realidad son herederas de la tríada G. Bachelard, G. Canguilhem y A. Koyre. Se trata de un grupo de ciencias –que por tanto contienen numerosas teorías, una diversidad de modelos explicativos, una gama amplia de conceptos, en fin, una pluralidad de métodos y lógicas– cuyo tema de base es, para decirlo en términos genéricos: ¿Por

qué las cosas son o se vuelven complejas? ¿Qué es, al fin y al cabo, “complejidad”? (Maldonado & Gómez Cruz, 2010).

Las ciencias de la complejidad expresan el resultado de tratar de explicar, de pensar y comprender diferentes temas y problemas tales como el sistema del universo, la comprensión de la realidad, la forma de comprender el conocimiento sin limitante, el porqué de las incertidumbres y las inestabilidades, la razón de que se rompa el orden y de paso a nuevas formas, momentos o conocimientos mismos.



**Figura 2.** Espacio de las Ciencias de la Complejidad Relativamente a Todas la Ciencia Normal.

En la Figura 1 se ilustra el espacio de las ciencias de la complejidad relativamente a toda la ciencia normal. Como se aprecia, el espacio más amplio literalmente: es decir, en términos geográficos, demográficos, financieros, administrativos y humanos, por ejemplo-, es el de la ciencia normal. Con este esquema sencillamente se pretende poner de manifiesto que las ciencias de la complejidad no se ocupan de todas las cosas, de todos los fenómenos, sistemas y comportamientos. Como se sabe hace ya mucho rato, gracias a la filosofía de la ciencia, una teoría

que lo explica todo no explica nada. (Tal es el caso, por ejemplo, de la numerología, de la astrología y demás). (Maldonado & Gómez Cruz, 2011).

## 8. Interdisciplinariedad

El modelo educativo colombiano es tradicional y divide los conceptos de la naturaleza por disciplinas provocando un compartimiento del saber y especializaciones que muchas veces causa confusiones en la comprensión de los aprendizajes.

Se hace necesario que en la educación en general se fomente una visión integradora, a partir de distintas disciplinas con la finalidad de ir más lejos de la visión unidisciplinaria se trata en primera instancia por un currículo interdisciplinario para posteriormente (idealmente) llegar a un currículo de tipo transdisciplinar (Pedroza & Argüello, 2002)

“La interdisciplinariedad, se refiere a un conjunto de áreas de estudio como lo son las áreas sociales, las ciencias naturales, las matemáticas, la sociología, la comunicación, entre otras, las cuales al unirse dan una mayor aproximación a la solución de un problema determinado y llevan a un conocimiento integrador” (Pérez, n.d.)

La literatura está llena de diferentes definiciones sobre interdisciplinariedad y cada una de esas acepciones asume las especificidades del contexto en que son usadas. La disciplina es una categoría organizacional en el seno del conocimiento científico; ella instituye allí la división y la especialización del trabajo y responde a la diversidad de los dominios que recubren las ciencias. Por tanto, se puede conjeturar la interdisciplinariedad en la forma como opera, se puede recurrir como ejemplo la concepción o desarrollo de la vida, pues en si la vida misma o el ser humano mismo es lo más complejo e interdisciplinar que se entiende, pues es un todo dividido que a su vez

las divisiones trabajan para el mismo todo y el todo sin el trabajo particular y en simultánea de las divisiones no existiría. De una forma más sencilla, el funcionamiento del cuerpo humano está dividido en sistemas, que incluso entre diferentes sistemas comparten órganos y procesos, es decir para que el sistema respiratorio funcione y cumpla su tarea de transportar oxígeno por todo el cuerpo humano, necesita a su vez el funcionamiento del sistema circulatorio, es por tanto que dividir las tareas se hace un proceso sin beneficio, que a la larga para entender el funcionamiento del cuerpo humano como un solo es necesario integrar en simultánea el funcionamiento de todas esas pequeñas divisiones.

Se debe cambiar el paradigma de la educación, e implementar la enseñanza basada en aprendizajes integrados e integradores, donde “los valores epistémicos que motiven esta reforma del pensamiento sean, entre otros, los siguientes:

- Conocer para hacer; es decir, combinar los conocimientos teóricos con los de acción;
- Conocer para innovar; o lo que es igual, conocer para crear nuevos conocimientos, más allá del saber técnico-aplicacionista;
- Conocer para repensar lo conocido o pensado; es decir, epistemologizar el conocimiento, poner a prueba las categorías conceptuales con las que el científico o el tecnólogo trabajan para hacer inteligible o manipulable la realidad de la realidad que se desea estudiar o sobre la que se desea intervenir”. (Romero, 2003)

## 9. Pensamiento Crítico

La educación trabaja principalmente para dos objetivos, el primero para transmitir conocimientos fundamentales sin los cuales no puede operar el pensamiento, y el segundo es enseñar a pensar, a distinguir puntos de vista y ser capaces de sacar conclusiones de manera

autónoma, en otras palabras, utilizar la información para obtener conocimientos nuevos, tomar decisiones y resolver problemas; estos es lo que se pretende que hace un pensador crítico.

El Pensamiento Crítico es un ejercicio del intelecto que permite realizar juicios y tomar decisiones luego del análisis, evaluación y contraste de argumentos, afirmaciones, puntos de vista y evidencias, una habilidad que nuestros estudiantes deben dominar desde la educación escolar.

Esto implica enseñar a realizar juicios documentados, discriminar la calidad de la información, exponer correcta y ordenadamente, generar nuevos productos y pensar de manera autónoma en un entorno predominantemente digital, donde la confiabilidad de la información se vuelve incierta.

En este contexto, el Pensamiento crítico nos permite razonar correctamente, tomar decisiones informadas y autónomas y resolver problemas complejos en un mundo cambiante.

### 9.1. Epistemología y Capacidades del Pensamiento

Cada ser humano tiende a pensar y a reflexionar sobre las cosas y situaciones de una manera característica, con patrones de pensamiento relativamente repetitivos, en especial cuando las situaciones también lo son. A partir de observaciones y reflexiones realizadas en torno a esta situación, algunos investigadores han propuesto la hipótesis de la existencia de Estilos de Pensamiento (Sternberg, 1988; Sternberg, 1999; Padrón, 2008; Padrón, 2014), considerando primordialmente que:

- ✓ La función cognitiva evoluciona con el crecimiento y desarrollo del individuo y, ante determinadas circunstancias, suele hacerse cada vez más eficiente: tanto su potencia como



los alcances de la abstracción y los niveles de consistencia tienden a ir aumentando con el tiempo y las experiencias.

- ✓ Los individuos se diferencian y se asemejan entre sí por el modo particular en que opera su función cognitiva, debido, entre otras cosas, a que la realidad circundante no es la misma para todos ni tampoco lo es el sistema de condiciones de exposición al mundo ni su historial de logros cognitivos.
- ✓ Este proceso de modelación o de construcción de representaciones mentales del mundo, tal como se ha caracterizado, implica el procesamiento de información y la solución de problemas informacionales de ciertas maneras características.
- ✓ La idea subyacente es que, a medida que progresa el historial de logros cognitivos, el individuo tiende a identificar aquellos patrones operativos mediante los cuales su función cognitiva rinde más y mejores éxitos y tiende, en consecuencia, a privilegiar dichos patrones ante próximos retos cognitivos, situaciones de procesamiento de información y solución de problemas (Padrón, 2008).

Bajo estas consideraciones, en la sociedad se puede identificar a grupos relativamente bien diferenciados de individuos que comparten entre sí el hecho de tener Estilos de Pensamiento (“formas de pensar”) y de realizar acciones cognitivas de manera similar entre sí.

En este sentido, Padrón (2014) considerando lo propuesto por investigadores como Sternberg & Lubart (1997), menciona que los tres Estilos de Pensamiento más comunes y predominantes en la especie humana son: el Inductivo-Concreto, el Deductivo-Abstracto y el Intuitivo Vivencial; en general, toma en cuenta para ello la concepción clásica de la personalidad fundamentada en tres factores: los sentidos (la observación controlada), el cerebro (el razonamiento) y el corazón (las vivencias e introspecciones).

## 9.2. Pensamiento Crítico

El ser humano constantemente cae en la redundante búsqueda de cualquier conocimiento, y nos referimos a redundante cuando siempre llega al mismo punto, no importa qué estrategia se use, y es precisamente en ese momento donde el desinterés, la falta de curiosidad e imaginación ponen sobre la mesa la principal dificultad a la cual nos enfrentamos en la vida, preguntas y respuestas, para la cual según nuestra percepción es de vital importancia detenernos a reflexionar la manera en la que podemos abordar los distintos problemas cotidianos y la resolución de los mismos.

Facione (2007) en sus ideas preliminares menciona que el pensamiento crítico es un pensamiento que tiene un propósito (probar, interpretar, resolver), además, menciona que puede ser una tarea colaborativa, no competitiva; lo anterior, puede ser considerado imprescindible en las relaciones que se establecen entre el individuo y el entorno, la manera en la cual se asumen las problemáticas en todos los aspectos sociales, familiares, escolares y personales. Ahora bien, si el pensamiento crítico se considera “con propósito” se puede inferir a su vez que son necesarias habilidades o el desarrollo de estas que según algunos expertos se denominan “habilidades cognitivas”.



*Figura 3. Habilidades del pensamiento crítico, según Facione.*

En la figura 2, Facione esquematiza las habilidades esenciales del pensamiento crítico y junto a un equipo de expertos caracteriza cada una; de manera muy general, a continuación, las estudiaremos:

Iniciaremos con la interpretación, habilidad que nos permite comprender en distintas situaciones no sólo la importancia o relevancia, sino también inferir aquello que en un primer vistazo no es tan obvio, surge casi inconscientemente, por ejemplo, cuando notamos el cambio de ánimo, actitud, mirada o incluso de voz en una persona, inmediatamente podemos interpretar esas señales y asociarlas a algo que anteriormente ya conocemos, en la escuela, a nivel de actitudes, es muy común encontrar en nuestros estudiantes, a diario, muchos cambios, ya sea por un problema familiar o un evento significativo que marcó su vida para bien o para mal, nosotros interpretamos esas señales y de allí podemos, si se requiere, brindar una ayuda o aconsejar, ¡vaya, que importante es reconocer este proceso!.

Ahora bien, el análisis es aún más interesante y por supuesto, un proceso más consciente, consiste principalmente en establecer e identificar relaciones reales o supuestas en diferentes contextos como descripciones, conceptos o preguntas, estas conexiones nos permiten comprender

cualquier situación con un mayor grado de profundización y significado. Si relacionamos esto con las vivencias en el aula, sería muy importante permitir un espacio mental en el cual el educando pueda inferir criterios que clasifiquen o comparen diferentes juicios, opiniones, y tal vez, sin llegar a ser tan ambiciosos, encontrar el cómo y el porqué de lo anterior.

Llegamos en este momento a la evaluación, suena un poco difícil, ¿verdad?, pero no es algo que desconocemos, todo el tiempo estamos evaluando todo, principalmente este proceso surge o está influenciado desde nuestra experiencia, sin embargo, es una etapa muy importante por las consecuencias que denota, brindará un criterio de confiabilidad y seguridad ante cualquier suceso. Si analizamos un poco esta habilidad, está muy lejos de ser lo que actualmente se conoce, a nuestro parecer, de manera errónea, la evaluación en la escuela, no podemos determinar cuánto sabe un estudiante sólo por una valoración numérica, que bueno sería contextualizar y desarrollar en ellos habilidades que permitan dar un juicio de valor frente a una situación, evaluando sucesos actuales, de interés común y no alejados de su cotidianidad como normalmente se ven los currículos en la actualidad.

Ya hemos analizado tres habilidades fundamentales para el pensamiento crítico, y cada vez es más interesante, hablaremos ahora de la inferencia una habilidad muy importante y garante, además, del pensamiento científico, ¿la razón? es algo muy sencillo, la inferencia nos permite explorar en todo aquello que favorezca la formulación de hipótesis, conclusiones a partir de datos, opiniones, creencias, descripciones o preguntas, también permite deducir o suponer algo, estas inferencias pueden ser deductivas cuando se llega a conclusiones específicas con base a una información, o puede ser inductiva si las conclusiones son generales. Si lo vemos más de cerca, muchas veces hemos vivenciado situaciones en las que hemos inferido o supuesto algo, en el aula, lo observamos diariamente, a nivel curricular si quizá arrojamos preguntas y pedimos algunas

posibles respuestas, surgen sin querer, lluvia de conceptos, hipótesis, y posibilidades de resolver aquella incógnita, sería beneficioso incluso para los docentes garantizar este tipo de actividades que den rienda suelta al pensamiento de los niños y jóvenes.

Entramos en dos fases muy importantes para ser un buen pensador crítico, por un lado tenemos la explicación, y como su nombre nos indica, consiste en la habilidad de explicar, justificar o defender los resultados del proceso propio de pensamiento, es decir, lograr una conciencia y control de nuestros argumentos, eso lo hacemos muy seguido, ¿no?, cada vez que estamos en la necesidad de justificar una acción, defender una opinión o pensamiento, explicar y argumentar una postura, lo hacemos, parece un acto inconsciente pero en realidad se vuelve tan consciente cuando logramos construir relaciones mentales que nos permitan defender una idea o pensamiento. En la educación, la habilidad de explicar es innata casi en todos los estudiantes, sin embargo, muchos no desarrollan la explicación con bases argumentativas, se puede ser muy bueno para dar respuesta a preguntas, resolver problemas e incluso ser el mejor en actuar ante distintas situaciones, pero a la hora de explicar cómo lo hicimos, por qué, para qué, ahí comienza lo difícil, para ello es indispensable el conocimiento, la apropiación, la interpretación, la evaluación de lo que deseamos expresar, de lo contrario, y muy seguramente, no tendría mucha validez lo que se ha realizado. Por otro lado y como última habilidad, tenemos la autorregulación, la cual trabaja en hacer consciente todo el proceso, las actividades, los métodos, los resultados obtenidos, el análisis realizado y las conclusiones a las que se han llegado, y lo mejor, estar abiertos a posibles correcciones o mejoras que se puedan establecer a lo que ya está hecho, es posible que en ese proceso encontremos errores o nuevas cosas por considerar, y no está mal, realizar juicios sobre lo propio seguro enriquecerá el proceso para ser pensadores críticos y poder como docentes, transmitir y ofrecer herramientas que permitan al estudiantado desarrollar esta habilidad.

Otros autores clasifican de distintas maneras las habilidades del pensamiento crítico, sin embargo, todas convergen en el mismo punto, es el caso de autores como Halpern, Saiz y Nieto quienes las caracterizan de la siguiente manera: razonamiento verbal y análisis de argumento, comprobación de hipótesis, probabilidad e incertidumbre, toma de decisiones y solución de problemas, las cuales más adelante centrarán la base teórica de la prueba HCTAES con la cual se pretende evaluar estas habilidades en la población de este estudio.

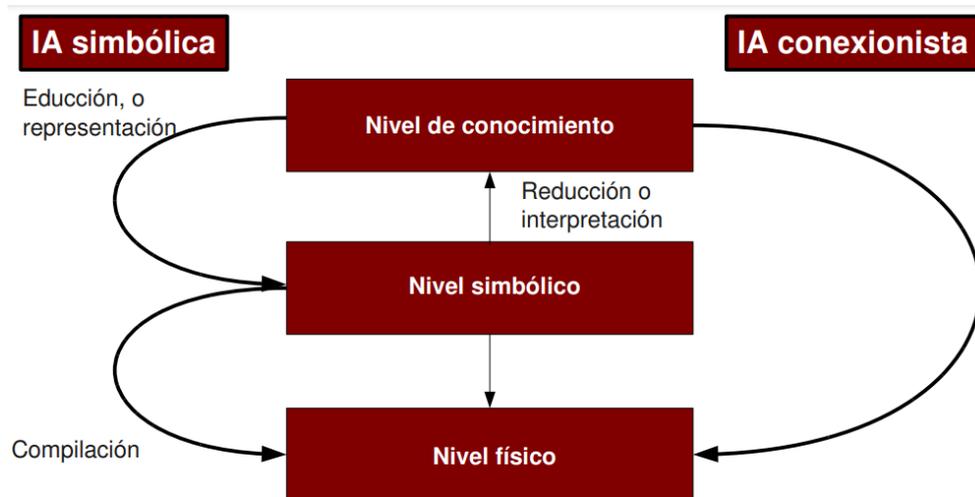
El pensamiento crítico resulta ser de gran importancia en los procesos propios de aprendizaje en los distintos niveles educativos, permitiendo la construcción de nuevos conocimientos y la aplicación de éstos de manera estratégica en la solución de problemas en la vida cotidiana ya que aporta herramientas que otorgan las habilidades necesarias para actuar en determinadas situaciones, logrando con ello ser un individuo reflexivo y crítico ante la realidad de su contexto.

## **10. Inteligencia Artificial, Minería de Datos y *Machine Learning***

### **10.1. Inteligencia Artificial (IA)**

Definir la inteligencia artificial no es sencillo porque el concepto de inteligencia en sí mismo no es del todo exacto (Ocampo, 2018). Sin embargo, desde la disciplina de la psicología cognitiva emplea metáforas informáticas para reflexionar sobre la mente. Es decir, la mente procesa, codifica, almacena y recupera información como una computadora. Nuestro cerebro es el hardware que ejecuta programas permitiéndonos hablar, ver o pensar; lo que en informática se denominaría software. En un lenguaje hablado, la Inteligencia Artificial se utiliza cuando la máquina puede imitar las funciones cognitivas del pensamiento humano, tales como: creatividad,

sensibilidad, capacidad de aprendizaje, capacidad de comprensión, percepción del entorno y uso del lenguaje (Russel y Norving, 2009; Bellman, 1978). Por consiguiente, el propósito de la IA es construir computacionalmente el conocimiento humano ya sea por procedimientos simbólicos o por conexiones, ver figura 3. Por una parte, la IA simbólica puede programarse basándose en el conocimiento interpretable de los procedimientos de manipulación simbólica. Mientras que, por otra parte, la IA por conexión puede auto programarse mediante el aprendizaje, y el conocimiento que contiene está representado por la estructura de la propia red neuronal. Pero, a pesar de ello, el mayor problema de este nuevo campo de científico es la expresión del conocimiento.



**Figura 4.** Niveles de conocimiento. Tomado de Universidad Nebrija.

Debido a que la IA utiliza el reflejo, pero funcionalmente hablando, no es metafórico sino literalmente: la computadora es la mente -claro está que los circuitos son distintos al cerebro en sí incluyendo los “programas”- por lo que, esta vendría siendo el resultado de una programación específica pero basado en los conocimientos de un operador experto (el ser humano) quien es el que realiza la tarea. Por consiguiente, el abordaje de tareas en la que se enfoca la IA sería desde los dominios formales, técnicos y cognitivos. La primera buscaría solucionar problemas a través

del modelo de búsqueda en el espacio de estados, ya sean algoritmos o modelos heurísticos planteadas desde los juegos o pruebas de teoremas. La segunda, emplea conocimientos científicos y técnicos que puedan provenir de expertos, e intenta solucionar problemas como diagnóstico médico, robótica, etc., técnicamente se refiere a Sistemas Expertos. Y, la tercera, al simular estos procesos mediante modelos computacionales, intentamos comprender la función del cerebro y sus funciones cognitivas (causas, audición, habla e incluso agitación emocional). Llevándonos así a crear una nueva ciencia, la Ciencia Cognitiva.

Y, es a partir de lo anterior, debemos reflexionar sobre esta disciplina en lo que respecta a la ética y la moral humana, es decir, que el ser humano como ser pensante debe reconocer los límites de esta ciencia como lo plantea directamente Hochel y Gómez (2000) en el segundo capítulo de su libro denominado el rompecabezas del cerebro: la conciencia ¿puede una máquina ser consciente del mundo, tener sentimientos, autoconciencia o teoría de la mente? Siendo así que desde una perspectiva relativista esta va a depender de su observador, en este caso de su experto, es decir, si se ve este como ciencia esta permitirá la comprensión de los procesos cognitivos (como es en esta investigación), pero si se ve como ingeniería pues esta se aplicaría a desarrollar tareas y métodos de solución de problemas; no obstante, desde esta última visión ha permitido que la humanidad como sociedad avance tecnológica como informáticamente; en conclusión, no somo quien para desprestigiar a la IA en general.

## 10.2. Minería de Datos y *Machine Learning*

En los últimos años, un subcampo de la IA es el aprendizaje computacional conocida como *Machine Learning* o aprendizaje automatizado, donde los sistemas aprenden a realizar tareas a

través de ejemplos o mediante el entrenamiento de datos y su posterior prueba, todo esto con ayuda del campo de la Minería de Datos (DM, siglas en inglés *Data Mining*).

El DM, no es más que el conjunto de técnicas y tecnologías que facilitan la exploración de bases de datos con una gran cantidad de datos, y el trabajo estadístico es darle sentido a todo: detectar patrones y tendencias que proporcionen información valiosa y comprenderlas para la toma de decisiones, lo mencionado anteriormente se le conoce: aprender de los datos (McCormick y Salcedo, 2017; Tamoghana *et al*, 2018; Hastie *et al*, 2017).

Ramírez et al (2004) en su libro “Introducción a la Minería de Datos” afirman que el proceso del DM se debe considerar cuatro etapas:

- 1) Determinar los objetivos, consistiendo en la identificación del tipo de información que se desea extraer de la base de datos.
- 2) Procesar los datos, relacionan la selección, limpieza, enriquecimiento, reducción y transformación de la base de datos que ha facilitado el investigador.
- 3) Determinar el modelo, permite la elección del algoritmo a emplear en pro de analizar a profundidad una tarea en específico. No obstante, cada algoritmo tiene su propia función; ya sea para predecir un atributo discreto, un atributo continuo, una secuencia; e incluso, buscar grupos de elementos comunes o similares.
- 4) Analizar los resultados, esta etapa facilita estudiar los resultados obtenidos una vez aplicado el algoritmo a la base de datos limpia.

El desafío para estudiar una base de datos ha llevado a una revolución en las ciencias estadísticas, debido a que la computación juega un rol vital. Por ende, este nuevo campo de conocimiento (generado a partir de disciplinas como la estadística, informática e ingeniería) y los

problemas de aprendizaje que se consideramos pueden clasificarse en dos áreas principales términos denominados aprendizaje supervisado y no supervisado (Supervised and Unsupervised *Machine Learning*). El primer aprendizaje, involucra la participación humana para el monitoreo, selección de los atributos, entrenamiento y nuevas puestas en producción. Este tipo de aprendizaje necesita de una base de datos que sea dividido en dos grupos: uno para el entrenamiento donde se generaliza el conocimiento que se espera pueda predecir el modelo resultante, y, el otro grupo para se usa como test con el propósito de verificar y contrastar que tan bien aprendió a generalizar el conocimiento el modelo final.

El segundo aprendizaje, busca identificar estructuras en los datos. No se tiene la respuesta conocida para cada caso por lo que el algoritmo debe encontrar las relaciones entre las variables involucradas. No se busca la representación de los datos.

No obstante, al ser un campo de conocimiento por explorar, se puede aplicar los dos tipos de aprendizaje denominado aprendizaje semi supervisado, es decir, es un híbrido de los aprendizajes mencionados previamente, que para este problema de investigación se aplica.

El *Machine Learning* requiere de algoritmos que faciliten la obtención de respuestas, siendo así que en la Tabla 1 y 2 se describen los algoritmos, herramientas y librerías específicas en las que se van a considerar para este trabajo de investigación.

**Tabla 1.**  
*Algoritmos de Machine Learning según su categoría.*

| Categoría     | Descripción  | Objetivo  | Algoritmos                         |
|---------------|--|---|------------------------------------|
| Clasificación | Identificar a qué categoría pertenece un objeto          | Detección de spam, reconocimiento de imágenes.                      | Nearest Neighbours, Decision tree. |
| Agrupamiento  | Agrupación automática de objetos similares en conjuntos. | Segmentación de clientes, agrupación de resultados del experimento. | k-Means, Clustering: dendrogram.   |

|                          |  |  |                                    |
|--------------------------|--|--|------------------------------------|
| Reducción de dimensiones | Reduciendo el número de variables aleatorias a considerar. | Visualización, Mayor eficiencia.   | PCA.                               |
| Selección de modelos     | Comparar, validar y elegir parámetros y modelos.           | Precisión mejorada a través del ajuste de parámetros.  | Metrics.                           |
| Procesamiento            | Extracción y normalización de características.             | Transformación de datos de entrada, como texto para usar con algoritmos de <i>Machine Learning</i> . | Preprocessing, feature extraction. |

**Tabla 2.**  
*Herramientas y Librerías de Algoritmos.*

| Herramientas y Librerías | Descripción   |
|--------------------------|---|
| Python                   | Lenguaje de programación orientado a objetos, popular por su potencia y versatilidad en diferentes campos, como la investigación, señales, automatización, desarrollo convencional entre otros.                   |
| Google Collaboratory     | Entorno integrado de desarrollo para investigación.   |
| Sklearn                  | Librería Python para el trabajo con Machine Learning, integra múltiples utilidades algorítmicas sofisticadas para el trabajo con datos e inteligencia artificial.   |
| Pandas                   | Librería Python para trabajar con conjuntos de datos, estos pueden ser cargados tipos de datos llamados datasets y permiten hacer todo tipo de operaciones con estos: limpiar, transformar, calcular, cruzar etc. |
| Numpy                    | Librería de Python necesaria para trabajar con cálculos matemáticos de alto nivel.  |
| Mathplotlib              | Librería de Python destinada a trazar y visualizar en forma de gráficos. Se puede combinar con las bibliotecas Python de computación científica Numpy y Scipy.  |

## 11. *Machine Learning* en la Educación y su Aplicación.

Las técnicas o modelos que se emplean en el campo del *Machine Learning*, ver Tabla 3, presenta múltiples aplicaciones en diferentes disciplinas e incluso en campos de la vida diaria, estas van desde la detección de fraudes en transacciones, predicción de fallos en equipos tecnológicos, toma de decisiones a la hora de seleccionar trabajadores y de clientes potenciales basado en el comportamiento por las redes sociales, hasta en determinar el mejor momento de publicar tuits y de llamar a un cliente, e incluso, realizar prediagnósticos médicos a partir del cuadro clínico. Y es a partir de esas aplicaciones donde se evidencia que la evolución de la ciencia y la tecnología está rompiendo paradigmas en todas las esferas sociales del ser humano y su relación con el entorno, en donde los investigadores encuentran nuevas herramientas que les facilita realizar tareas mucho más eficientes y con mayor alcance en el análisis.

**Tabla 3.**  
*Técnicas/Modelos de Machine Learning.*

| Técnicas/Modelos de Machine Learning  |   |
|---|---|
| Supervisado   | No Supervisado  |
| 1) Técnicas de Clasificación: Árbol de decisión, KNN, Regresión Logística.<br>2) Técnicas de Predicción: Regresión lineal, Regresión múltiple, Regresión no Lineal. | 1) Técnicas Agrupación / Clustering: K-Means, Jerárquico, Aglomerativo. |

De las técnicas del aprendizaje supervisado se puede decir que son modelos en donde se aprenden funciones asociando variables de *entrada* y de *salida*, por lo que se ajustan a un conjunto, siendo así que el investigador debe reconocer la intencionalidad de dichas variables para así cumplir con el objetivo que se proponga. En contraste, se tiene el aprendizaje no supervisado, donde el investigador no tiene conocimiento de cuáles son las variables de *entrada* y *salida* de la base de datos por lo que debe aumentar el conocimiento estructural de estos.

Continuando con el párrafo anterior, los modelos o técnicas de clasificación busca etiquetar en diferentes categorías las observaciones, los de predicción consisten en estimar un valor numérico dado a la información que se tenga, y, por último, los modelos de agrupación o Clustering también busca etiquetar a las observaciones con la diferencia de no contar con información previa al grupo que pertenece.

En general, la parte más difícil de resolver un problema de aprendizaje automático puede ser encontrar un estimador que funcione. Diferentes estimadores son más adecuados para diferentes tipos de datos y diferentes problemas. El siguiente diagrama de flujo, ver Figura 5, está destinado a proporcionar una guía aproximada sobre cómo abordar las preguntas sobre qué estimadores utilizar sus datos para las pruebas.

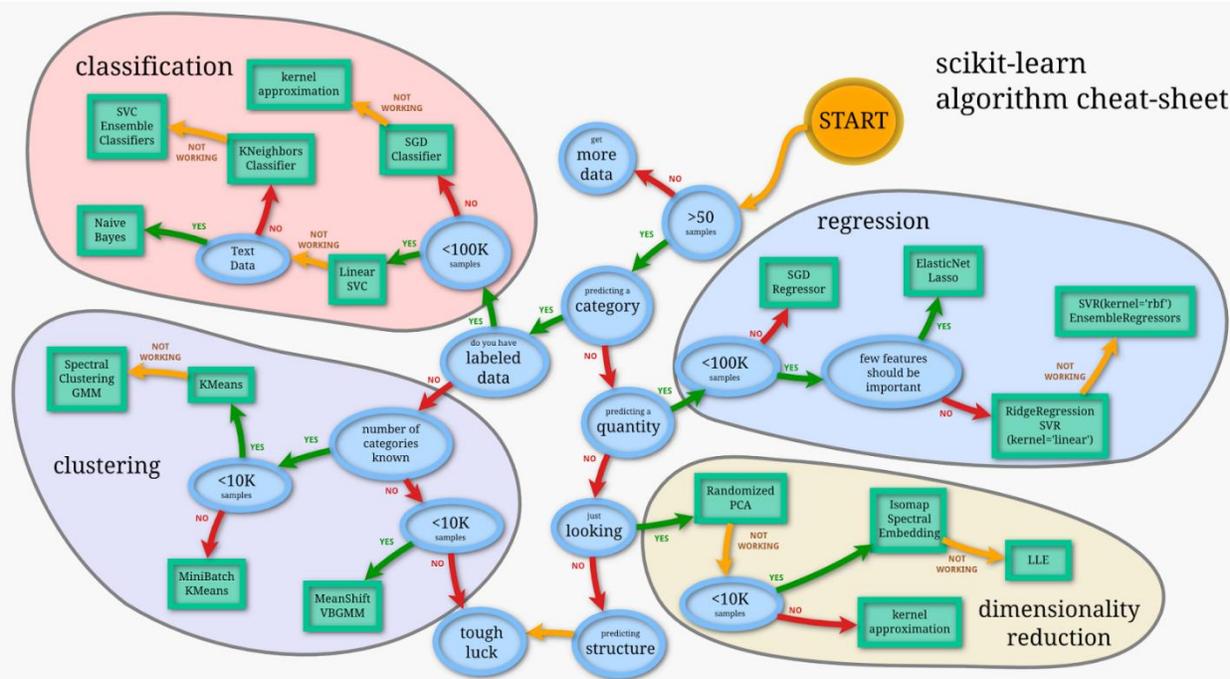


Figura 5. Estimador del Aprendizaje Automático. Tomado de [https://scikit-learn.org/stable/tutorial/machine\\_learning\\_map/index.html](https://scikit-learn.org/stable/tutorial/machine_learning_map/index.html).

Agregando a lo anterior, el campo educativo ha sido un poco esquivo frente a estas tecnologías, pero, a pesar de ello, el uso recurrente de las simulaciones han permiti3 recrear

situaciones y contextos definiendo, caracterizando y perfilando procesos, estrategias y procedimientos en pro de detectar múltiples efectos que no pueden ser observados directamente en el aula de clase, además, permite el desarrollo, potencialización y fortalecimiento de hábitos, destrezas y esquemas mentales que puedan definir su conducta (Cataldi *et al*, 2013). Como dice Salas y Zuleta (1995) “la simulación posibilita que los educandos se concentren en un determinado objetivo de enseñanza, permite la reproducción de un determinado procedimiento o técnica y posibilita que todos apliquen un criterio normalizado”. Y es aquí donde dichas aplicaciones no se quedan solo en las simulaciones, puesto que se ha aprovechado exclusivamente para predecir comportamiento tanto académicos como actitudinales en los estudiantes.

A partir de las experiencias fomentadas en el aula a través de las simulaciones, las cuales han sido muy beneficiosas eliminando tabúes entre educación - tecnología, e incluso, en los últimos tiempos se ha podido evidenciar que el *Machine Learning* junto con la Minería de Datos son herramientas que puede ir mucho más allá, en donde el docente puede tener otro punto de vista para analizar el contexto de sus educandos para así generar estrategias lúdico-pedagógicas y formativas propias para el grupo que tenga asignado, además de tomar decisiones y resolver problemas de cualquier índole; desde cognitivos hasta actitudinales (motivación). Y es aquí, donde esta propuesta didáctica busca dar solución, que no solo se des estigmatice dicho tabú, sino que se genere otro campo de acción a investigar en la educación.

### CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN Y ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

A continuación, se presenta la metodología desarrollada en este trabajo de investigación donde se resalta el área y alcance de estudio, las fases e instrumentos utilizados durante la ejecución de este.

Este trabajo investigativo parte de una de las tantas dificultades académicas y actitudinales evidenciados en estudiantes de grado sexto, como lo es en la habilidad de pensamiento crítico; causada en gran medida por la transición de la educación básica primaria a la educación básica secundaria. Según Calvo & Manteca (2016) existen 5 factores que funcionan como barrera y ayuda durante el cambio de esta etapa, estos factores son: formas de relacionarse, normas y convivencia, metodología docente, evaluación y tutoría, los cuales permiten evaluar el impacto de cada estudiante al enfrentarse a un proceso escolar diferente, marcado por un ritmo acelerado e independiente.

En los cambios socialmente ocasionados a nivel actitudinal y en aspectos educativos, la formación de estudiantes para la resolución de conflictos de una manera más asertiva y pertinente al igual que el control de sus emociones, son contenidos que se presentan en asignaturas del campo Social, Científico y Lingüístico cuyo producto oficial es el de orientar hacia la comprensión de su entorno social en miras de tener y proponer mejores condiciones en busca del bien común, la cual se reconoce como habilidad de pensamiento crítico (Facione, 2007).

Del párrafo anterior, se reconoce que el surgimiento de estas disciplinas le brinda al docente las herramientas para el fomento y el fortalecimiento del pensamiento crítico en todos y cada uno de sus estudiantes tanto en básica primara como en secundaria, media y superior.

Haciendo hincapié en la educación, la metodología de la investigación ha cambiado las «reglas de juego» para poder reflejar la necesidad de generar un pensamiento crítico en estudiantes de básica secundaria, para nuestro contexto enfocado a estudiantes de grado sexto.

## 12. Enfoque de la Investigación

La presente investigación se enmarcó desde un enfoque mixto, debido a que al tratarse del empleo de técnicas del *Machine Learning* para el diseño de una Unidad Pedagógica con el propósito de potenciar habilidades en el pensamiento crítico, los enfoques cualitativos y cuantitativos satisface las necesidades de la investigación, asumiendo puntos de vista de uno y otro paradigma, pero, sin perder la dialéctica: interdisciplinariedad y complejidad.

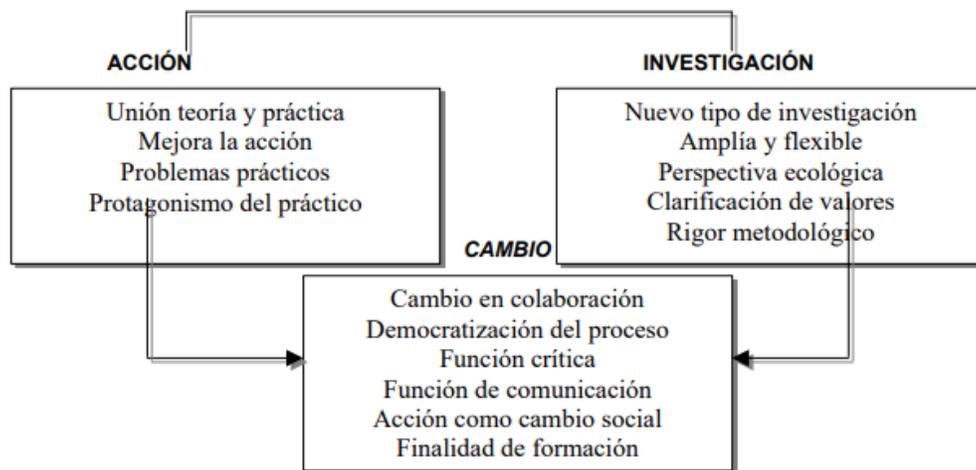
Por un lado, se tomó el enfoque cualitativo desde la modalidad de investigación – acción, puesto que de acuerdo con Bausela (s.f.) y Hernández *et al* (2006) este implica la comprensión de la profesión docente y la combinación de la reflexión y el trabajo intelectual en el análisis de la experiencia realizada, elemento básico que constituye la propia actividad educativa en pro de resolver un problema cotidiano para mejorar prácticas docentes a través de la interdisciplinariedad, caracterizando y evaluando las habilidades en los estudiantes, en este caso en particular la habilidad de pensamiento crítico.

Esta modalidad cualitativa tomada como metodología de investigación al ser orientada al cambio educativo y, por tanto, como señalaron Kemmis y McTaggart (1988), se caracteriza por ser un proceso que:

- Se construye desde y para la práctica.

- Pretende mejorar la práctica a través de la transformación, al mismo tiempo que procura comprenderla.
- Demanda la participación de los sujetos en la mejora de sus prácticas.
- Requiere de la acción grupal, y los temas relacionados deben ser colaborados de manera coordinada en todas las etapas del proceso de investigación.
- Implica un análisis crítico de la situación.
- Se configura como una espiral de ciclos de planificación, acción, observación y reflexión.

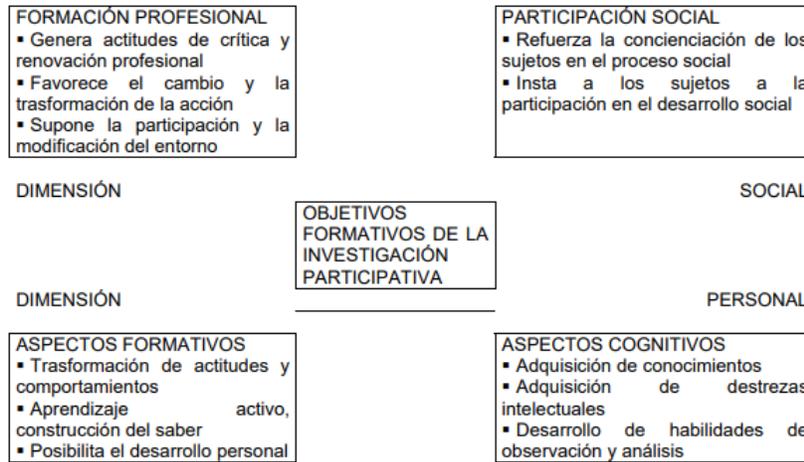
La investigación-acción no se limita a probar ciertas hipótesis o usar datos para llegar a la conclusión. La investigación-acción es un proceso que sigue la evolución del sistema y cambia el entorno de los investigadores y su comportamiento. Siendo así que Pérez (1994) esquematiza los rasgos que la definen, ver Figura 6.



**Figura 6.** Rasgos de la Investigación-Acción. Pérez, 1997:75.

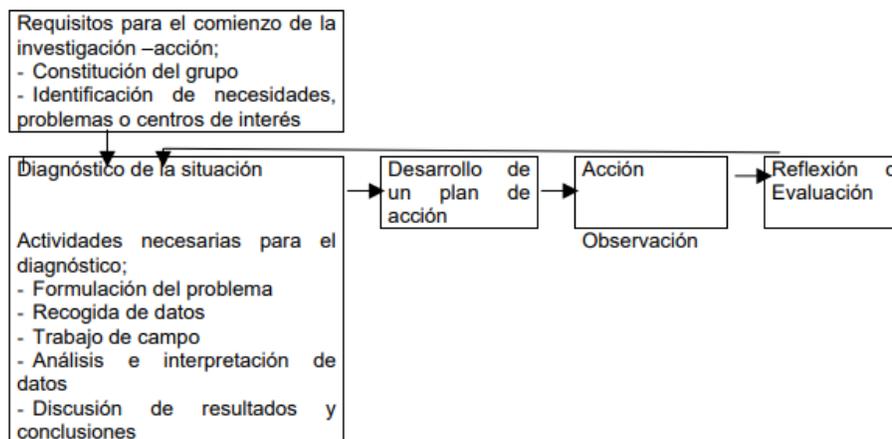
Gollete y Lesgard – Hervert (1988) identifican tres funciones y finalidades básicas de esta modalidad; uno, investigación, dos, acción, y tres, formación/perfeccionamiento. Afirman que este

tipo de investigación es beneficiosa pues favorece al desarrollo de habilidades, la ampliación de la teoría y la resolución de problemas, como lo postula Colás (1994) ver Figura 7.



**Figura 7.** Formación de la Investigación - Acción. Colás, 1994: 295.

De manera general, podemos decir que la investigación-acción se realiza en un ciclo continuo según el modelo en espiral, incluyendo diagnóstico, planificación, acción, observación y reflexión-evaluación. Según varios autores (Lewin, Kemmis, McTaggart, Ander, Elliot) describen el proceso de investigación – acción con matices diferentes variando su complejidad. Por tanto, en la Figura 8, se muestra las principales fases;



**Figura 8.** Proceso de Investigación - Acción. Colás, 1994: 297.

Por otro lado, esta propuesta presenta un diseño cuantitativo experimental de tipo cuasiexperimental; ya que se interviene en tres variables independientes: ámbito escolar, cultural y familiar, para observar efectos en la variable dependiente: pensamiento crítico; además los grupos control y focal (grupos de comparación) no se establecieron en el transcurso de la investigación. Tuvo corte longitudinal al presentarse una prueba estandarizada el cual se aplica antes y después del trabajo de campo.

Finalmente, esta propuesta de investigación presenta un alcance correlacional debido a que se busca medir el grado de relación que existe entre los ámbitos escolar, cultural y familiar con las habilidades del pensamiento crítico (dimensiones que evalúa la prueba HCTAES), dicha correlación evaluadas desde temática emergente como son las herramientas tecnológicas.

### **13. Universo de Estudio, Población y Muestra**

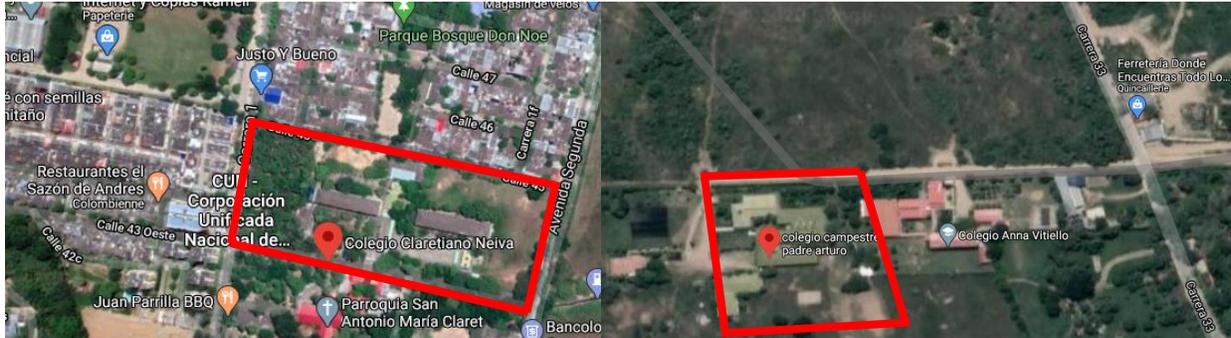
#### **13.1. Universo**

La investigación se aplicó en 2 de las 134 instituciones educativas privadas de la ciudad de Neiva, el Colegio Claretiano y Colegio Campestre Padre Arturo.

#### **13.2. Población**

La población de estudio fueron 141 estudiantes entre las dos instituciones educativas de carácter privado. El Colegio Claretiano ubicada al norte de la ciudad Neiva (ver figura 9) se contó con un total de 77 estudiantes matriculados en el grado sexto distribuidos en tres cursos 601, 602 y 603 cada uno con 26, 26 y 25 estudiantes respectivamente. Y, en el Colegio Campestre Padre

Arturo localizado al sur de la ciudad de Neiva (ver figura 9) con 64 estudiantes distribuidos en tres cursos 6A, 6B y 6C cada uno con 21, 23 y 20 estudiantes respectivamente.



**Figura 9.** Colegio Claretiano, izquierda. Colegio Campestre Padre Arturo, derecha. Ubicación Satelital.

### 13.3. Muestra

De los 146 estudiantes matriculados entre las dos instituciones educativas se contó con la participación de 102 estudiantes, 45 estudiantes pertenecientes al Colegio Claretiano y 57 estudiantes al Colegio Campestre Padre Arturo, quienes cumplieron con el requerimiento básico para la participación que fue la entrega oportuna del oficio de consentimiento informado.

#### 13.3.1. Variable Dependiente

La investigación contiene tres variables dependientes: el efecto socioeconómico y cultural -hábitos de estudio- que interviene en las habilidades del pensamiento crítico.

#### 13.3.2. Variable Independiente

La investigación incluye una variable independiente: las dimensiones que caracterizan la habilidad del pensamiento crítico a partir de la prueba HCTAES – Halpern que se derivan de:

Comprobación de Hipótesis, Razonamiento Verbal, Análisis de Argumento, Probabilidad de Incertidumbre y Resolución de Problema y Toma de Decisiones. Los datos que resulten alimentan en parte la base de datos que se usó para el entrenamiento del modelo facilitando la estructura de la Unidad Didáctica.

### 13.4. Criterios Aplicados al Muestreo

El criterio empleado al muestreo fue no probabilístico intencional por voluntarios, es no probabilístico debido a que la selección de estos se basó en la entrega oportuna en el diligenciamiento del oficio del consentimiento informado, además fue con voluntarios como su nombre lo indica son participantes que se ofrecen de forma voluntaria para el estudio. En este caso, para ser voluntario se hizo una invitación en general a todos los estudiantes matriculados en el grado sexto de las dos instituciones educativas, incluyendo una reunión virtual desde Google Meet socializando la intencionalidad de la investigación y del consentimiento. Además, se tomaron dichas instituciones debido a que los investigadores laboran allí.

### 14. Fundamentos Éticos

En Colombia, la Corte Constitucional determinó en su sentencia T-401/94: “Toda persona tiene derecho a tomar decisiones que determinen el rumbo de su vida. Esta posibilidad es una manifestación del principio general de libertad, consagrado en la Carta de Derechos como uno de los postulados esenciales del ordenamiento político constitucional”. El consentimiento informado es una cultura y un punto culminante en el desarrollo de investigaciones sociales en donde las variables a investigar estén inmersas personas (sujetos) ya sea mayor o menor de edad. Siendo así

que esta acción requiere de unos requisitos básicos para que sea válido, como la libertad de decisión, competencia para decidir e información suficiente. Es una autorización dada por el sujeto a investigar sin ninguna coacción o fraude, basada en el entendimiento razonable de lo que sucederá, incluyendo la necesidad de del tratamiento de los resultados (Larracilla, 2003). Quedando constancia de la anuencia mediante la firma de un documento. Por tanto, al trabajarse con sujetos menores de edad se contó con la autorización de los padres de familia citándolos a una reunión vida Google Meet y al realizarse en el marco de una Institución se diseñó y aplicó un oficio de consentimiento informado (ver ANEXO A 1).

## 15. Fases de la Investigación

Para el desarrollo de esta investigación efectuamos tres fases: Inicialización, Trabajo de Campo y Finalización las cuales se abordaron cada una con sus respectivas etapas.

### 15.1. Inicialización

Esta fase consta de cuatro etapas, la primera fue el diseño del estado del arte e instrumentos, en la cual se indagaron los trabajos investigativos relacionadas con el pensamiento crítico y las técnicas de *Machine Learning* en la educación; y los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos, los cuales se detallan en las siguientes etapas. La segunda etapa consistió en el diseño y aplicación de la encuesta propia que pretendió caracterizar a la población de estudio a nivel socioeconómico y familiar, conociendo de primera mano el tipo de familia, el nivel de educación formativa en los padres de familia, la dependencia y estrato socioeconómico, entre otros factores, es válido resaltar que antes de la aplicación de la encuesta se realizó el consentimiento

informado que fue firmado por los padres de familia para el tratamiento de los datos. En la tercera etapa, por un lado se realizó la aplicación del test HAPE-ITH que permitió conocer y evaluar las dimensiones en las habilidades del pensamiento crítico, tales dimensiones son el pensamiento crítico, tiempo y lugar de estudio, técnicas de estudio, concentración y motivación, que sirvieron como base para el desarrollo del trabajo de campo y aplicación de la unidad didáctica, por otro lado, se aplicó la prueba estandarizada HCTAES inicial que pretendió conocer a través de situaciones cotidianas las cinco habilidades de pensamiento crítico, tales como la comprobación de hipótesis, razonamiento verbal, análisis de argumentos, probabilidad e incertidumbre, y la resolución de problemas junto a la toma de decisiones, los resultados obtenidos en esta prueba inicial sirvió como base para la estructuración y desarrollo de la unidad didáctica. En la cuarta y última etapa se realizó la selección de herramientas y softwares especializados en *Machine Learning* y minería de datos, en cuanto a los softwares, se utilizó “R” para la organización e interpretación de los datos en la encuesta propia, y “Python” como entorno principal para el análisis de la prueba HCTAES inicial, final y el comparativo del estudio longitudinal, en este software se trabajó con los datos obtenidos el escalonamiento, Clustering y árboles de decisión, procesos propios de la minería de datos cuyo propósito además de estadístico permite automatizar grandes volúmenes de datos. Dentro de esta etapa se menciona también el análisis descriptivo y estadístico que se realizó para la encuesta propia, la prueba HAPE-ITH y la prueba HCTAES inicial.

## 15.2. Trabajo de Campo

Para esta fase se trabajaron dos etapas, la primera consistió en el diseño y aplicación de la unidad didáctica denominada “descubrir y pensar desde nuestro entorno”, contó con la temática

central de los ecosistemas, las cuales se desarrollaron a través de situaciones problemas cotidianos y análisis de contenido audiovisual de concientización teniendo en cuenta los ecosistemas terrestres, intermedios y acuáticos; esta unidad se aplicó en la modalidad virtual obteniendo evidencias en video de clase mediante Google Meet y en plataformas como Menti y Edmodo donde se recolectaron datos propios del desarrollo de la unidad. Para la segunda etapa tenemos la aplicación de la prueba HCTAES final que se realizó con el propósito de conocer el posible impacto de la unidad didáctica y obtener los resultados para el análisis comparativo en el estudio longitudinal.

### **15.3. Finalización**

Esta fase comprende cuatro etapas, la primera es el análisis de los resultados obtenidos con ayuda de Python, donde se realizó un estudio no supervisado y supervisado, encontrando correlación en algunas situaciones evaluadas por la prueba HCTAES. La segunda etapa consistió en la evaluación del impacto de la unidad didáctica que se realizó con el análisis comparativo de la prueba HCTAES inicial y final. En la tercera etapa se realizaron las conclusiones propias del trabajo investigativo, y en la cuarta etapa, la socialización y divulgación con la entrega del documento escrito y sustentación de este.

## **16. Técnicas e Instrumentos de Investigación**

### **16.1. Encuesta**

Este instrumento fue un diseño propio basado en la búsqueda de antecedentes investigativos para encontrar los aspectos relevantes que se deben conocer en estudios sociales y educativos como el nuestro, se realizó una prueba piloto con 18 estudiantes, 9 de cada colegio, 3 por cada grupo, que permitió evaluar el diseño, redacción y pertinencia, además de una opinión otorgada por los padres de familia participantes. La encuesta (Anexo 2) se desarrolló en un módulo familiar y otro socioeconómico, cada módulo constó de un número de preguntas con única selección.

El *módulo familiar* indagó el tipo de familia, estado civil, ocupación, perfil profesional y nivel de educación de los padres; y el *módulo socioeconómico* indagó la dependencia económica de los estudiantes y el estrato donde reside.

La encuesta tuvo como objetivo caracterizar y conocer los factores socioeconómicos y familiares que influyen en el proceso de aprendizaje y desarrollo vital del estudiantado, según Zambrano & Zambrano (2016), la estructura familiar como una familia “nuclear” propicio u otorga elementos importantes para el óptimo desempeño escolar y desarrollo de personalidad, la situación económica es otro factor indispensable debido a que permite proveer de elementos básicos como alimentación, ambientes con buena ventilación e iluminación, además de recursos para el óptimo desarrollo de la actividad académica, la profesión de los padres de familia también resulta ser muy importante por el nivel de estudio que poseen lo que permite garantizar ayuda y acompañamiento en los deberes escolares.

## 16.2. Pruebas Estandarizadas

Se aplica dos pruebas estandarizadas cada una con su propio propósito, como lo es el HAPE – ITH y HCTAES – Halpern.

### 16.2.1. HAPE - ITH

Este instrumento fue diseñado en el Instituto Tecnológico de Chihuahua en México, según Acevedo & Carrera (2002) tiene como propósito indagar las estrategias en los distintos procesos del pensamiento, consta de 70 reactivos (anexo 3) que permitió evaluar los hábitos y habilidades del pensamiento, a continuación, se describen los cinco subcampos.

- a. **Pensamiento Crítico:** se refiere a la manera de pensar en cualquier situación teniendo en cuenta el control de las acciones, reconocimiento de supuestos y consecuencias al idear soluciones a problemas. Pertenecen a este subcampo los reactivos 6, 7, 10, 13, 14, 33, 34, 42, 46, 50, 51, 52, 53, 54, 55 y 64.
- b. **Tiempo y Lugar de Estudio:** define elementos como la administración del tiempo y la adecuación del lugar de estudio para llevar a cabo los procesos escolares. Pertenecen a este subcampo los reactivos 3, 4, 5, 24, 27, 29, 31, 40, 41 y 69.
- c. **Técnicas de Estudio:** herramientas que permiten llevar a cabo acciones del pensamiento crítico como la solución de problemas, toma de decisiones, consulta y síntesis de información. Pertenecen a este subcampo los reactivos 1, 2, 8, 9, 15, 19, 21, 22, 23, 25, 30, 45, 47, 48, 57, 58, 62 y 70.
- d. **Concentración:** permite evaluar los factores externos que permite centrar la atención con intención a cualquier situación que se quiera desarrollar. Pertenecen a este subcampo los reactivos 11, 12, 20, 32, 35, 36, 37, 39, 49 y 60.
- e. **Motivación:** determina los factores que influyen el estado de ánimo para desarrollar algunas actividades. Pertenecen a este subcampo los reactivos 16, 17, 18, 26, 28, 38, 43, 44, 56, 59, 61, 63, 65, 66, 67 y 68.

La prueba HAPE-ITH se evalúa teniendo en cuenta dos criterios principales, la frecuencia con la que se hace determinada actividad (siempre, algunas veces y nunca) y la dificultad (fácil, difícil y muy difícil) que encuentra para hacerla, cada ítem tiene una escala valorativa (tabla 1) de 2 si es valorado como siempre y fácil, 1 si es valorado como algunas veces y difícil y 0 si se valora como nunca y muy difícil.

**Tabla 4.**  
*Test HAPE-ITH. Evaluación de reactivos*

|                | Columna X               |               |       | Columna Y               |         |             |
|----------------|-------------------------|---------------|-------|-------------------------|---------|-------------|
|                | Frecuencia que lo haces |               |       | Dificultad para hacerlo |         |             |
|                | Siempre                 | Algunas veces | Nunca | Fácil                   | Difícil | Muy difícil |
| Valor asignado | 2                       | 1             | 0     | 2                       | 1       | 0           |

Lo anterior nos representa que hay un rango máximo por reactivo de 4 puntos y el puntaje global depende del número de reactivos que pertenece a cada subcampo, para el pensamiento crítico y la motivación es de 64, tiempo y lugar de estudio y concentración es de 40, y técnicas de estudio con un puntaje máximo de 72.

### 16.2.2. HCTAES - Halpern

Este instrumento es una prueba estandarizado denominado “*Test de Halpern para la evaluación del pensamiento crítico mediante situaciones cotidianas*”, cuyo objetivo principal es evaluar cinco habilidades del pensamiento crítico (anexo 4) mediante 25 situaciones cotidianas, 5 para cada habilidad y con un formato de doble pregunta, la primera es de pregunta abierta donde el encuestado con base en la situación planteada debe ofrecer con sus propias palabras una explicación, solución y/u opinión sobre la misma; la segunda es de pregunta cerrada con la

posibilidad de elegir una o varias opciones de un listado que permita dar la mejor respuesta a lo cuestionado. Según Halpern (2006) este formato de doble pregunta permite por un lado con las preguntas abiertas identificar la espontaneidad para responder y podría proporcionar información sobre la motivación de pensar críticamente cuando alguna situación así lo requiera, y por otro lado con las preguntas cerradas la capacidad de aplicar las habilidades cuando se señala o se da a conocer la situación, además, discriminar las mejores alternativas como respuesta a la situación evaluada.

Cada situación tiene un puntaje determinado al momento de evaluar, de manera general entre 0 y 10 puntos, respondiendo cada una a un objetivo específico que permite evaluar cada habilidad.

La puntuación de la evaluación final es de 194 puntos. Hay 95 puntos posibles sobre la pregunta de respuesta estructurada y 99 puntos sobre la pregunta de respuesta de elección obligatoria.

### **16.3. Observación Participante**

Este instrumento se utilizó durante el desarrollo de nuestro trabajo, en especial, cuando se aplicó la unidad didáctica, al realizarse de manera virtual se lograron obtener evidencias audiovisuales y escritas que se pudieron analizar a nivel actitudinal y desarrollo de las habilidades que se pretendían potenciar. Según Schmuck (1997) la observación participante es útil en la medida que proporciona al investigador métodos que permite analizar expresiones no verbales, interacción y comunicación entre individuos, y el tiempo empleado para el desarrollo de las

actividades propuestas, además de ofrecer un control de la información que se puede y resulta útil usar para la investigación.

## 17. Técnicas e Instrumentos de Análisis de Datos

### 17.1. Minería de Datos

El siglo XXI se conoce como la “era de los datos”, esto es debido a un constante flujo de información cada vez es más vasta que es recolectada de manera diaria y analizarla requiere de un trabajo arduo por parte de los seres humanos. Afortunadamente, la ciencia y la tecnología han avanzado a tal punto de facilitar dicho trabajo y a la vez de generar nuevas disciplinas para poder comprender el mundo que nos rodea.

Existe una variedad de tecnologías y métodos que pueden usar datos para extraer información que no se puede detectar a simple vista. Una de ellas es reconocida como Minería de Datos, que combina IA, análisis estadístico, base de datos y aprendizajes automatizado que facilitan la visualización de gráficos para obtener información que no está claramente representada en los datos. Es decir, la Minería de Datos a partir de datos extensos busca reconocer patrones mediante relaciones, tendencias, comportamientos atípicos y desviaciones en pro de sobrellevar los procesos de toma de decisión frente al fenómeno que se tenga en ese instante, además, esta técnica se puede ubicar en el nivel más alto de la evolución de la tecnología de análisis de datos.

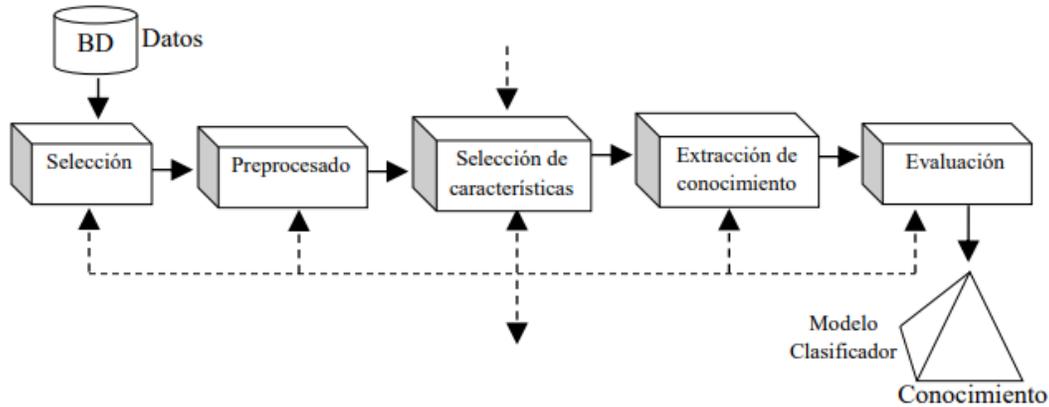
Sin embargo, no todo es color de rosa, en el sentido en que dichos patrones, tendencias o comportamientos atípicos no son absolutas, es decir, que las técnicas ayudan a organizar la información mediante cifras e ilustraciones, pero, con la posibilidad de caer en una falsa

interpretación, en consecuencia, uno de los retos que se establecen en esta disciplina es darse cuenta de que la primera y más madura técnica de análisis de datos para modelar fenómenos proviene de la estadística, en otras palabras, que un experto o conocedor de la estadística debe reconocer un margen de error en la inferencia de los resultados. A causa de lo anterior, al hallarse una correlación entre las variables de estudio no significaría que se haya encontrado una relación causa – efecto.

Como la Minería de Datos se emplea en cualquier campo de conocimiento con el propósito de usarlo para tomar decisiones, esta contiene muchos ajustes de modelos o patrones dependiendo de los datos, en el sentido de que el modelo permite cierta cantidad de ruido o error, los cuales suelen ser de tipo estadístico.

Los algoritmos de minería de datos suelen realizar tareas de predicción (datos desconocidos) y descripción (patrón), tales como; la de agrupamiento o identificación de clases, clasificación, condensación o descripción de conceptos, detección de desviaciones o anomalías, modelado de dependencia y regresión de las cuales en esta propuesta de investigación se usó la de agrupamiento como exploratorio de datos con el propósito de identificar conjunto de categorías o conjuntos para describir los datos, al igual que la de clasificación el cual permitió la capacidad de mapear (categorizar) elementos de datos a una de varias clases predefinidas.

Al tratarse de una técnica de tratado de datos, se requiere tener un proceso para tratar dicha información y aprovecharlos hasta al más mínimo detalle que ofrece esta, siendo así que teniendo en la propuesta de Beltrán, ver Figura 10.



**Figura 10.** Proceso de la Minería de Datos. Tomado de Beltrán (s.f.). Disponible en <http://bbeltran.cs.buap.mx/NotasMD.pdf>

Donde a partir de la base de datos estos se filtran (**procesado**) conforme a las necesidades del modelo, prosiguiendo con la reducción de los datos basado en la variable más influyente (**selección de características**) del problema sin la necesidad de inmolar la calidad del modelo. Así mismo, a través de técnicas de Minería de Datos se obtiene un modelo de conocimiento teniendo en cuenta los patrones de comportamiento entre las variables del problema (**extracción de conocimiento**), y, por último, se pone a prueba dicho modelo para validar el modelo (**evaluación**) comprobando que las conclusiones sean lo suficientemente satisfactorias para dar solución al problema.

## 17.2. Python: Google Collaboratory

Este entorno gratuito de Jupyter notebook ofrecido por Google Chrome permite escribir y ejecutar códigos Python en el navegador y tiene la particularidad de no necesitar una configuración, es de acceso gratuito frente la creación de complejas interfaces gráficas de usuario GPU, además de contar con la facilidad de compartirlo (Müller y Guido, 2017).

### 17.3. Técnicas de *Machine Learning*

Para la técnica utilizada es válido recordar que el lenguaje Python a través de Google Collaboratory fue el utilizado para realizar el análisis de los resultados obtenidos en la prueba HCTAES inicial y final. Se trabajaron dos técnicas fundamentalmente, la primera en el aprendizaje no supervisado con K-Means y Clustering con el propósito de explorar la base datos debido a que no se tenía conocimiento sobre el comportamiento de esta, y la segunda con el aprendizaje supervisado para analizar el comportamiento de la Ley de Potencia mediante árboles de decisión con el propósito de identificar las preguntas que determinan dicha Ley en la pregunta 43.

Según Müller & Guido (2016) en su libro sobre la introducción al Machine Learning con Python abordar las técnicas mencionadas anteriormente, por un lado, tenemos que el aprendizaje no supervisado permite utilizar algoritmos de agrupación para dividir los datos en grupos distintos que comparten similitudes en algunos elementos, con ello, se logró utilizar los Clustering cuyo objetivo es dividir los datos de manera que los pertenecientes a un grupo sean similares entre ellos y diferentes con otros grupos, para nuestro trabajo se manejó la agrupación de K-Means, técnica que además de ser muy utilizada permite encontrar los centros de clústeres en dos pasos, el primero es asignar cada punto de dato al grupo más cercano y posteriormente cada centro sería categorizado como la media del grupo o conjunto de datos, para el aprendizaje no supervisado se trabajó la prueba aplicada inicialmente. Por otro lado, el aprendizaje supervisado es uno de los más exitosos y ampliamente usado siempre que decidamos predecir un resultado determinado teniendo una entrada determinada, para este aprendizaje utilizamos la técnica árboles de decisión, cuya aplicación se centra en tareas de clasificación y regresión, este modelo permite jerarquizar los datos estableciendo variables como si o no, verdadero o falso, que posteriormente permita llegar a



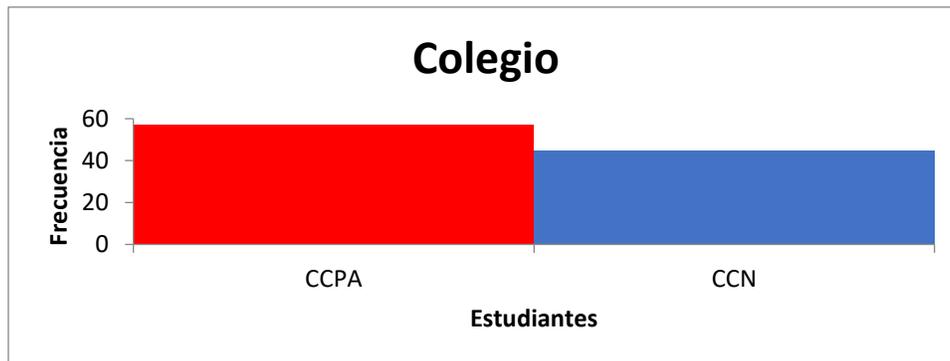
una decisión. Para nuestro caso de estudio y con ayuda de la Ley de Potencia realizado con anterioridad a la base de datos inicial se logró determinar la variable de salida y realizar la técnica anteriormente descrita.

## CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN POBLACIONAL

En este capítulo hablaremos de la caracterización poblacional que fue realizada mediante una encuesta propia, cuyo objetivo fue conocer de manera detallada el contexto de nuestra población de estudio teniendo en cuenta información en tres aspectos: información general de la población de estudio, aspecto en formación de los padres de familia y el aspecto socioeconómica. Mostraremos a través de gráficas boxplot y datos estadísticos cada aspecto indagado en nuestro instrumento.

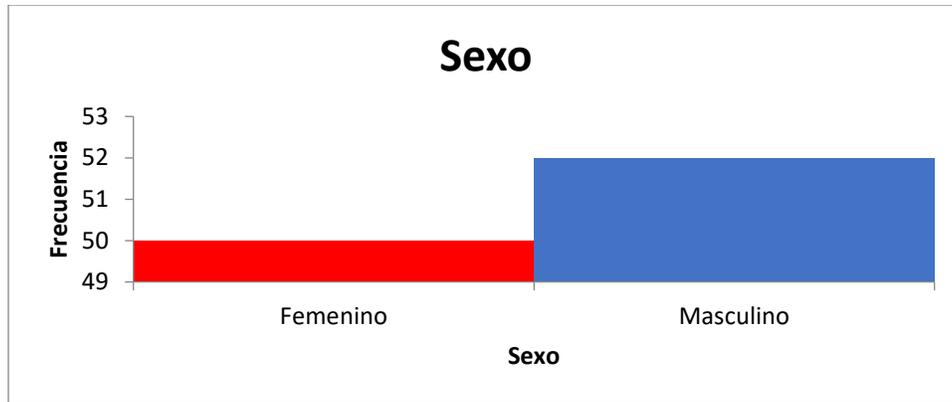
### 18. Información General

La muestra poblacional está conformada por 102 estudiantes del grado sexto, de éstos, 57 pertenecen al Colegio Campestre Padre Arturo (CCPA), y 45 pertenecen al Colegio Claretiano de Neiva (CCN), lo que corresponde 55,9% y 44,1% respectivamente, ver gráfica 1.



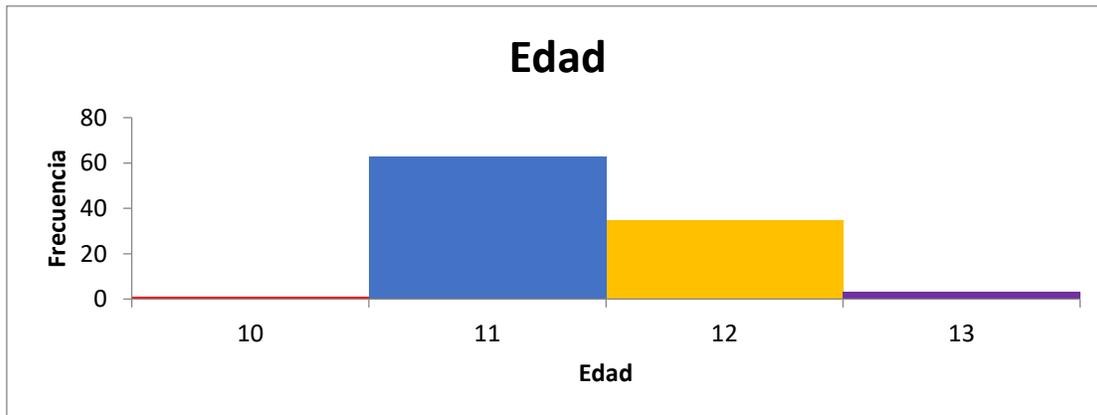
*Gráfica 1. Distribución poblacional. Diagrama de Barra.*

Para la distribución por sexo, como se muestra en la gráfica 2, en la población del CCPA, 36 (63,2%) estudiantes son mujeres y 21 (36,8%) son hombres, mientras que en el CCN 14 (31,1%) son mujeres y 31 (68,9%) son hombres.



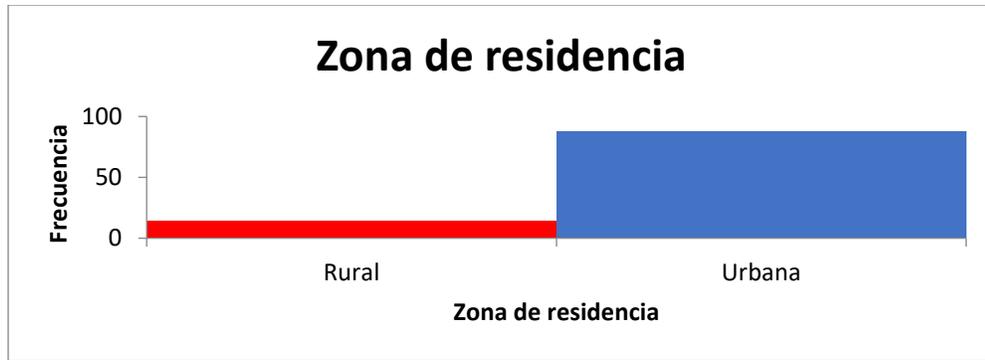
**Gráfica 2.** Distribución poblacional por sexo. Diagrama de Barras.

En la distribución por edad (gráfica 3), los estudiantes se encuentran en edades de 10 a 13 años, para el CCPA se obtuvieron las frecuencias en su orden, 1 – 37 – 12 y 13, mientras que para el CCN las frecuencias obtenidas en su orden fueron 0 – 26 – 17 y 2, lo anterior se puede observar en la gráfica 3.



**Gráfica 3.** Distribución poblacional por edad. Diagrama de Barras.

Ahora bien, un aspecto importante para nuestra población de estudio es identificar la zona donde residen como se ilustra en la gráfica 4, ya que esto prevé las posibilidades de conexión y recursos para el desarrollo de las actividades escolares, en él obtuvimos que en el CCPA 10 estudiantes viven en zona rural y 47 en urbana, mientras que, en el CCN, 4 estudiantes viven en zona rural y 41 en zona urbana, se puede observar en la gráfica 4.

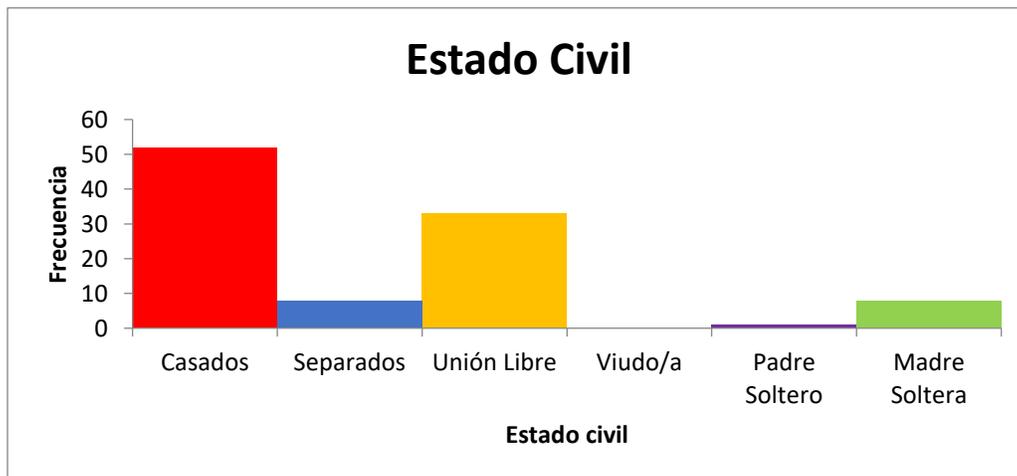


**Gráfica 4.** Distribución poblacional por zona de residencia. Diagrama de Cajas.

## 19. Composición Familia

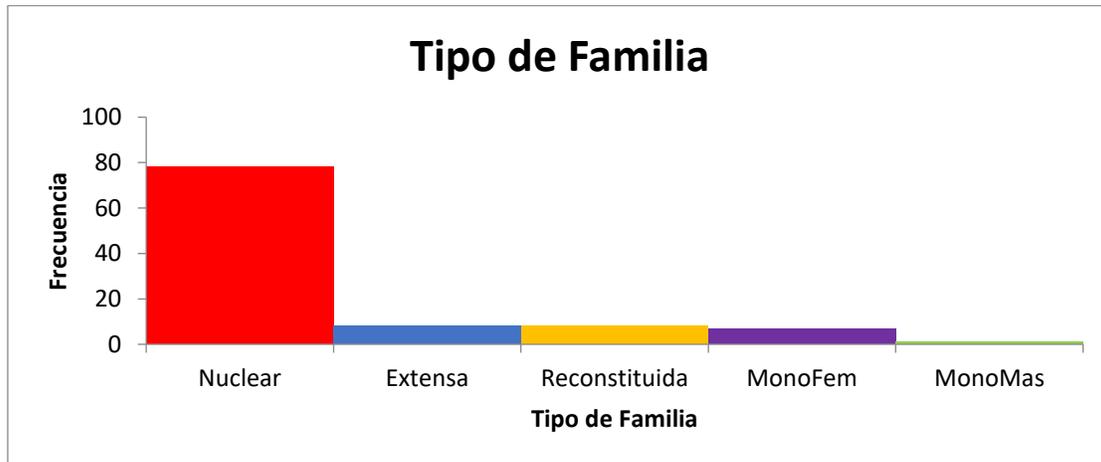
En esta sección se indagó sobre el estado civil de los padres, tipo de familia, ocupación y el nivel de educación de los padres, con el propósito de conocer el contexto familiar del estudiantado y analizar esa posible relación con los procesos desarrollados a lo largo del estudio investigativo.

Tenemos el estado civil de los padres que se puede observar en la distribución de la gráfica 5, para el CCPA tenemos 28 estudiantes con padres casados, 4 separados, 22 en unión libre, 3 como madres solteras y 0 el estado viudo (a) y padre soltero, en contraste con el CCN, donde 24 son casados, 4 separados, 11 en unión libre, 0 viudo (a), 1 padre soltero y 5 madres solteras.



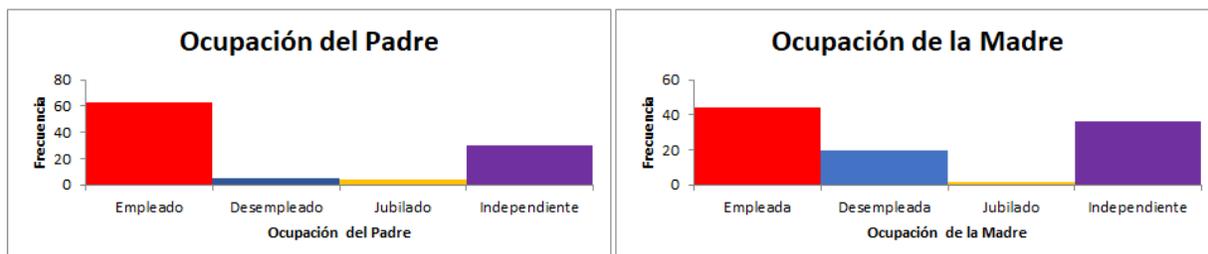
**Gráfica 5.** Distribución poblacional mediante estado civil de los padres de familia. Diagrama de Barras.

Tenemos otro aspecto importante sobre el tipo de familia (gráfica 6), donde la mayor parte de las familias son nucleares en los dos colegios, para el CCPA 46 y 32 para el CCN, 4 familias son extensas, 8 reconstituidas, 7 monoparental femenina y 1 monoparental masculina.



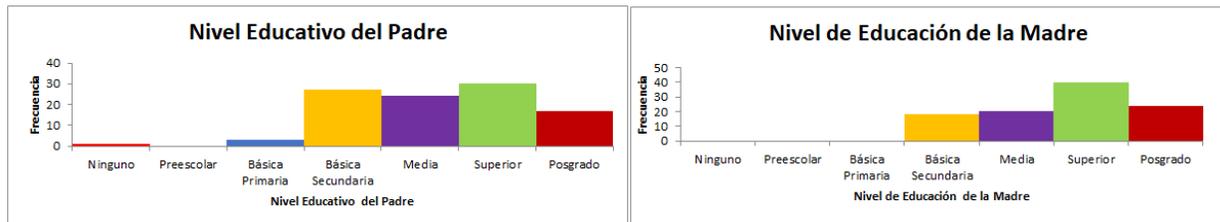
**Gráfica 6.** Distribución poblacional mediante tipo de familia. Diagrama de Barras.

Ahora bien, la gráfica 7 nos permite observar la distribución de los estudiantes teniendo en cuenta la ocupación de los padres, haciendo un comparativo podemos notar que es mayor la frecuencia de desempleo en mujeres, sin embargo, ese desempleo se traduce en el perfil ama de casa, una mayor frecuencia tanto en la ocupación del padre como la madre se presenta en la opción de empleado, seguido por una ocupación independiente.



**Gráfica 7.** Distribución poblacional mediante ocupación de los padres de familias. Diagrama de Cajas.

Para el nivel de educación de los padres (gráfica 8), por un lado, en el CCPA la mayor frecuencia se concentra en la básica secundaria para los papás y mamás, además de estudios superiores en ellas, por el otro lado en el CCN, el máximo nivel de educación para los papás y mamás es en estudios superiores y posgrado, lo que nos permite reconocer una estrecha relación con factores externos como la ubicación, estrato socioeconómico de la población y trayectoria de la institución.

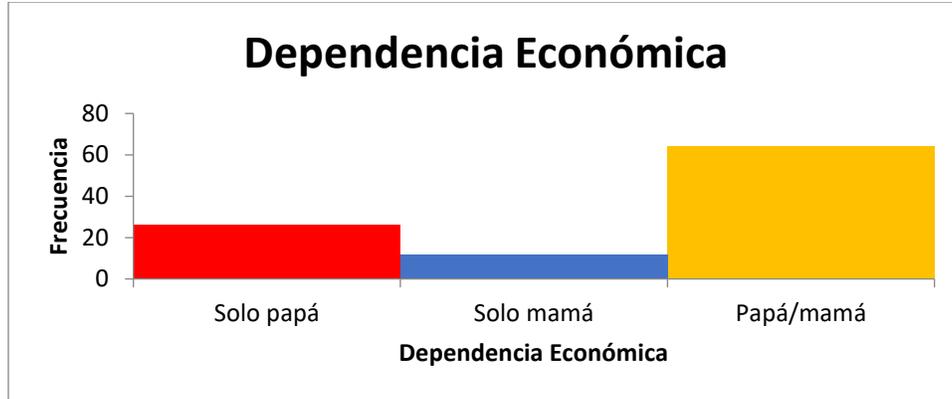


**Gráfica 8.** Distribución poblacional mediante nivel de educación de los padres de familia. Diagrama de Cajas.

## 20. Aspecto Socioeconómico.

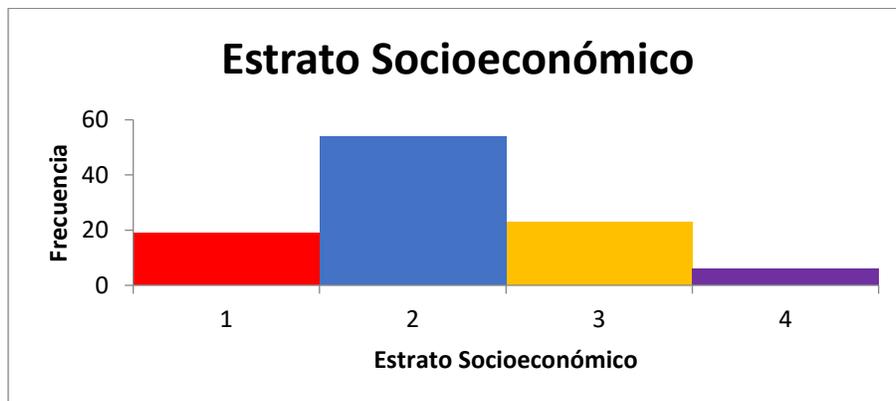
En esta sección se indagó sobre la dependencia económica de los estudiantes y su estrato socioeconómico, con el objetivo de conocer y caracterizar a la población en términos económicos y sus posibilidades de contar con óptimos recursos para el desarrollo de sus actividades académicas.

Para la dependencia económica se pretende indagar quién provee los recursos y bienestar del estudiantado, este aspecto se ve altamente relacionado con el tipo de familia nuclear que presentó una gran frecuencia en los datos recogidos debido a que los estudiantes dependen principalmente de sus dos padres, lo anterior se ve reflejado en la gráfica 9.



*Gráfica 9. Distribución poblacional mediante dependencia económica. Diagrama de Cajas.*

Finalmente, tenemos el estrato socioeconómico donde podemos observar en la gráfica 10 que, para el CCPA y CCN, 32 y 22 estudiantes pertenecen al estrato 2 respectivamente, y se hace evidente en la gráfica 12 que es donde se presenta la mayor concentración de datos, seguidamente notamos que la segunda mayor frecuencia para el CCPA es en el estrato 1 y para el CCN se encuentra en el estrato 3



*Gráfica 10. Distribución poblacional mediante estrato. Diagrama de Cajas.*

## CAPÍTULO V. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS

En este capítulo se muestra los resultados obtenidos de la base de datos codificada y depurada, en donde se explica por medio de gráficas y ecuaciones el comportamiento del problema. En primera instancia, se explora los datos mediante estadística descriptiva. Luego de ello, se pudo identificar que el problema no era lineal, por tanto, se procedió a analizar desde las Ciencias la Complejidad a través de la Ley de Potencia.

### 21. Análisis Frecuencial por Tipo de Variables

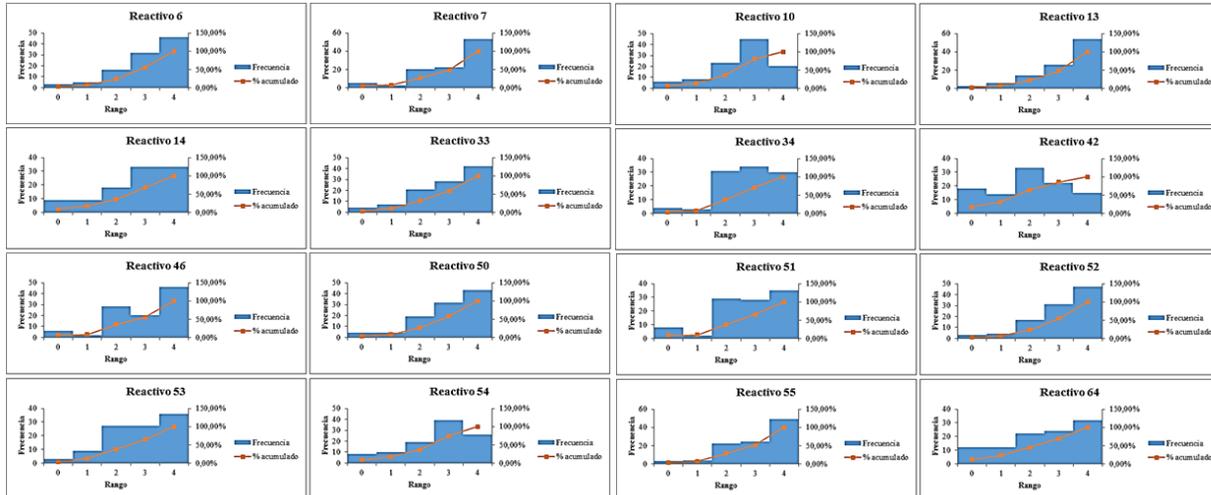
#### 21.1. Prueba estandarizada HAPE – ITH.

El objetivo principal en esta sección es realizar un diagnóstico en la población de estudio frente a las dimensiones que se evalúan en las habilidades del pensamiento. Para abordar los resultados obtenidos en la prueba HAPE-ITH, se tendrá en cuenta la agrupación de reactivos por subgrupo, el condensado general por subgrupo y a nivel del colegio, y el condensado comparativo por colegio de cada subgrupo. Este tipo de diagnóstico proporciona herramientas que permite mejorar el actuar docente, facilitando y fortaleciendo procesos amigables en la enseñanza - aprendizaje de las instituciones educativas. En el anexo B 4 se enuncian los 70 reactivos para el posterior análisis.

##### 21.1.1. Por reactivo.

El test HAPE-ITH clasifica sus 70 reactivos alrededor de cinco dimensiones, el pensamiento crítico, tiempo y lugar de estudio, técnicas de estudio, concentración y motivación, - dimensiones propias de las habilidades y hábitos de estudios en los educandos-, las cuales tienen dos partes importantes, la primera, evaluar la frecuencia, y la segunda, el nivel de “dificultad” con la cual se realiza cada uno de los enunciados descritos en cada reactivo, la sumatoria de estos dos aspectos, tiene un puntaje mínimo de 0 y un puntaje máximo de 4, si el puntaje está más cerca al máximo, podremos deducir que el estudiante es consciente de sus capacidades cognitivas y sus habilidades de controlar, planificar y evaluar sus procesos académicos. Por subgrupo de manera general, se toman dos histogramas y se analiza su media y varianza para comprender el comportamiento de este.

La dimensión o subgrupo de pensamiento crítico (ver gráfica 11) está conformado por 16 reactivos que evalúan el pensamiento crítico como una manera de pensar frente a cualquier situación, además, según Acevedo & Carrera, 2002, este pensamiento es autodirigido, auto disciplinado, autorregulado y autocorregido. Para los resultados obtenidos en la figura 3, de manera general podemos observar que los histogramas tienen los picos de datos la mayor parte en 4 y otros en el rango 2-3 y 3-4, tienen una tendencia hacia la derecha, es decir, son asimétricos hacia la derecha, y no se presentan valores atípicos o alejados del grupo de datos evaluados.



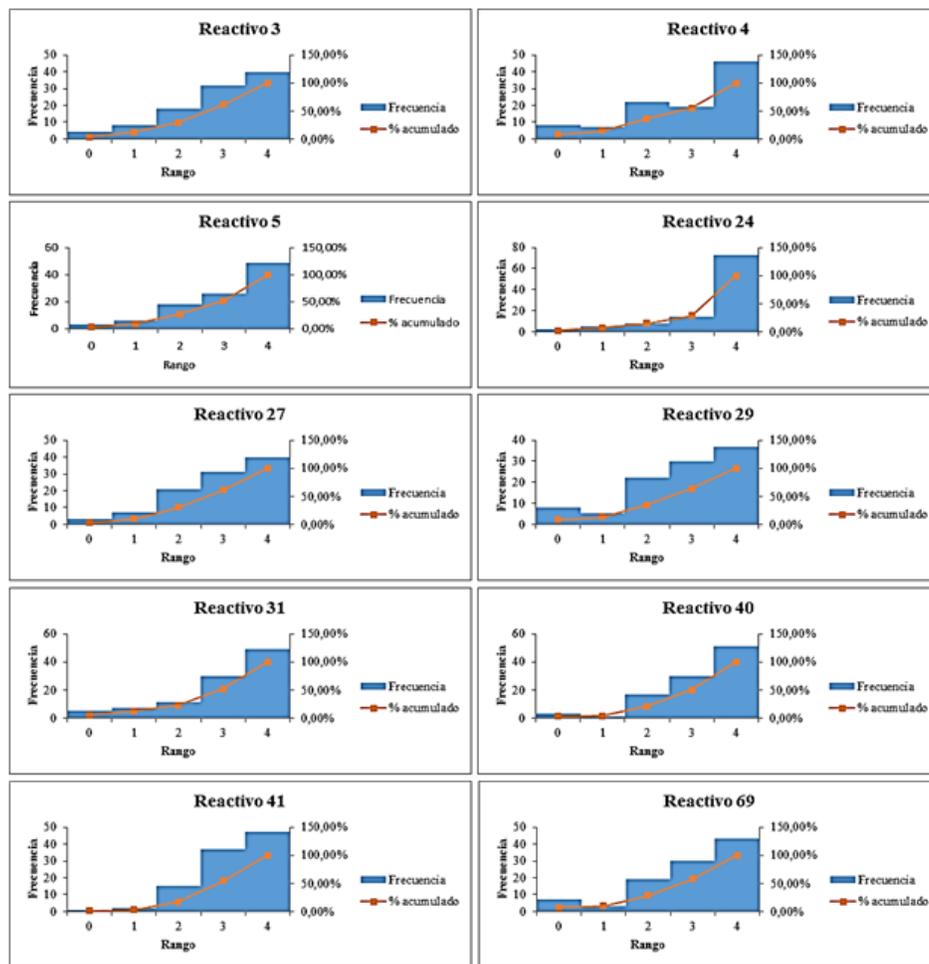
**Gráfica 11. Prueba HAPE - ITH. Pensamiento Crítico.**

El reactivo 64 presenta la mayor dispersión (varianza) en sus datos, con un valor de 1,82 respecto a su media de 2,51, esto se debe principalmente a la naturaleza del reactivo el cual está enunciado de la siguiente manera: “*Trato de relacionarme con profesionales de las áreas a las que pienso dedicarme en el futuro*”, se entiende que debido a la edad y el grado de los estudiantes aún no tiene definido su proyección profesional.

Los reactivos 13 “*Busco caminos alternativos para resolver problemas*” y 34 “*Logro ejemplificar en ideas concretas conceptos generales*”, presentan la menor dispersión de sus datos, con valor de 1,03 respecto a su media de 3,22 y 2,81 respectivamente, denotan una facilidad en buscar distintas soluciones a los problemas, además de realizar ejemplificaciones a situaciones sencillas, todo lo anterior a que se relacionan con facilidad a su entorno.

Para el reactivo 42 “*Para enriquecer y ampliar lo que estoy aprendiendo, busco información que contradiga lo que dice mi profesor*”, cuya dispersión tiene un valor de 1,65 respecto a su media de 2,02, la población de estudio a diferencia de los demás reactivos tuvo un acumulado significativo en la nota mínima gracias a la naturaleza de su enunciado, lo que nos lleva a suponer que no buscan contradecir lo dicho en clase o no lo encuentran necesario.

La dimensión o subgrupo de tiempo y lugar de estudio (ver gráfica 12) está conformado por 10 reactivos que definen elementos de organización relaciones con los procesos escolares de enseñanza-aprendizaje como la planificación del tiempo y los espacios físicos que se generan para llevar a cabo la labor estudiantil. Para los resultados obtenidos en la figura 4 de manera general podemos observar que los histogramas tienen los picos de datos en el rango 3-4, con una tendencia exponencial hacia la derecha.

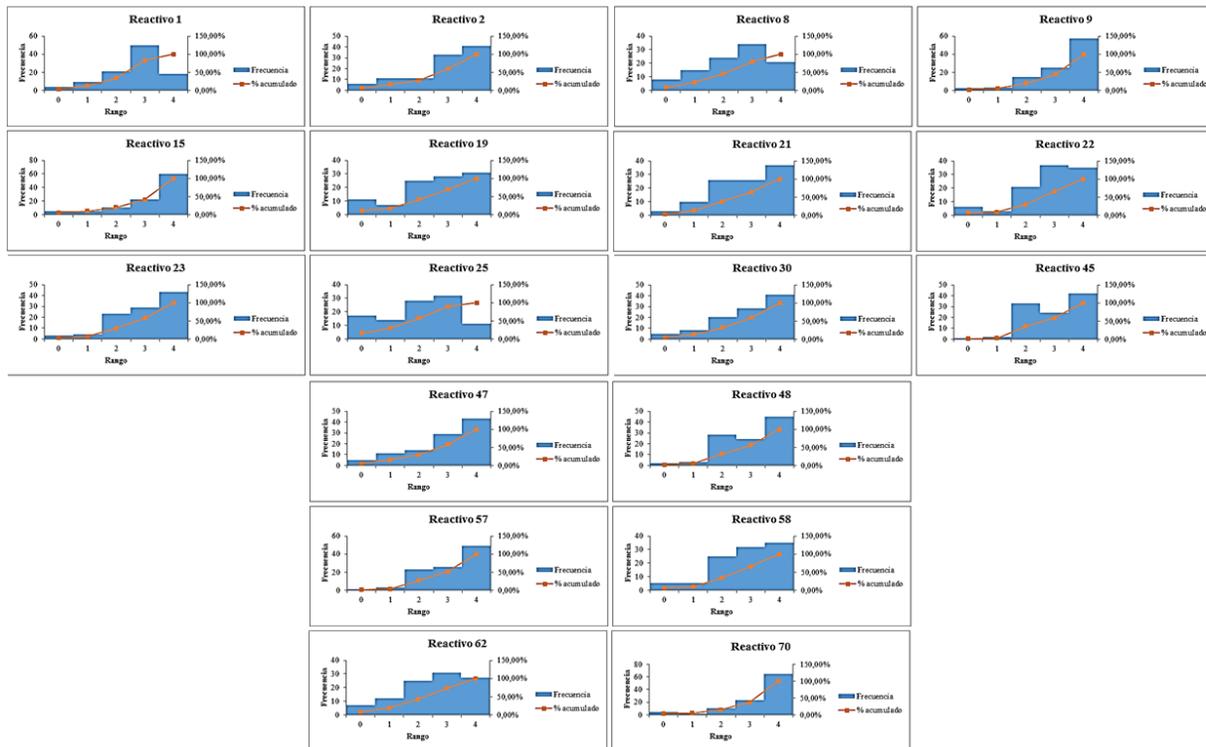


**Gráfica 12. Prueba HAPE - ITH. Tiempo y Lugar de Estudio.**

El reactivo 4 “Acostumbro a tener un horario fijo para estudiar o hacer actividades académicas” es el que presenta la mayor dispersión de datos con un valor de 1,63 respecto a su

media de 2,86, esto puede deberse principalmente a que los estudiantes no suelen organizar su tiempo de estudio, generando que sus actividades se hagan sobre las fechas establecidas y por esta razón no se generen los procesos óptimos de aprendizaje en ellas.

El reactivo 41 “Normalmente termino los trabajos, tareas y actividades a tiempo” es el que presenta menor dispersión de datos con un valor de 0,71 respecto a su media de 3,25, esta se encuentra relacionada con el reactivo 4, a pesar de no organizar el tiempo para sus actividades, logra cumplir con ellas en las fechas establecidas, lo que no garantiza el aprendizaje significativo.



Gráfica 13. Prueba HAPE - ITH. Técnicas de estudio.

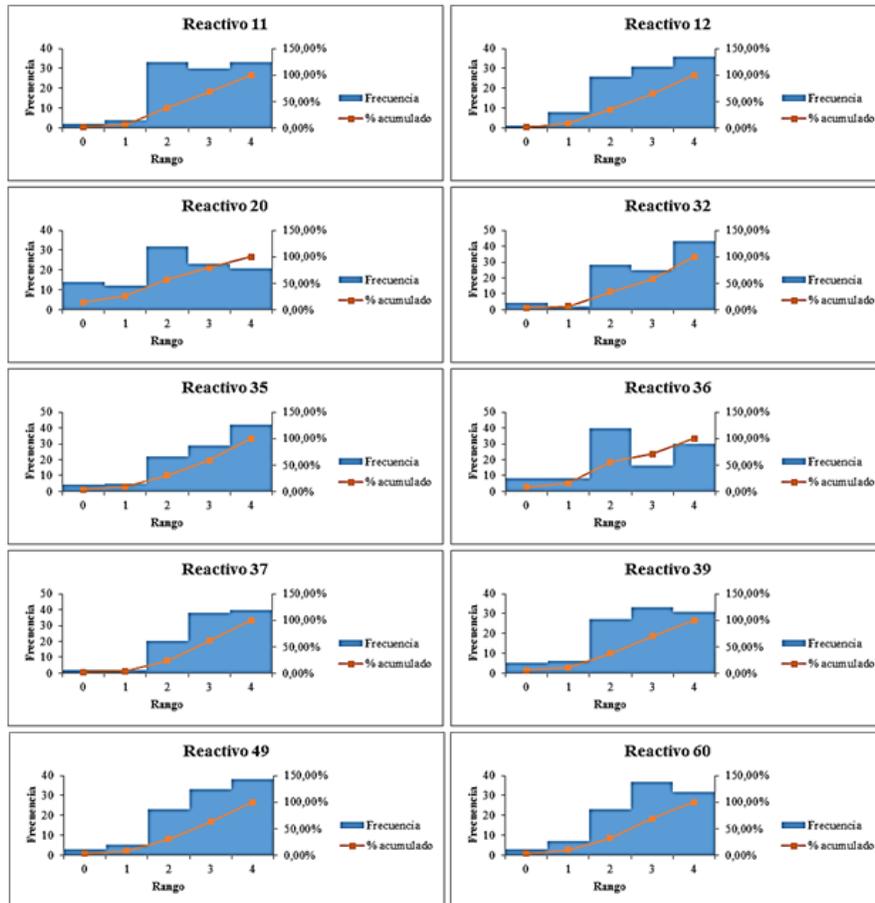
La dimensión o subgrupo de técnicas de estudio, observar gráfica 13, cuenta con 18 reactivos cuyo objetivo es evaluar las acciones que permiten llevar a cabo los procesos de enseñanza-aprendizaje con mayor facilidad, las que resaltan en gran cantidad son aquellas que

indagan las habilidades del estudiantado a la hora de hacer síntesis de información y consultar distintas fuentes para la solución de actividades académicas. Para los resultados obtenidos en la figura 5, los histogramas son muy variados en su comportamiento, generándose en algunos de ellos, picos de datos no diferenciados en el rango 2-3 y 3-4, es el subgrupo con mayor varianza, desviación estándar y media.

Donde el reactivo 19 “*Consulto el diccionario cada vez que no entiendo un término o tengo dudas de cómo se escribe*”, es el que presenta mayor dispersión de los datos con un valor de 1,63 respecto a su media de 2,6, esto nos indica de manera clara que actualmente esta herramienta del diccionario es poco utilizada en las actividades académicas, tal vez, siendo reemplazada por consultas en la web, poco sugeridas por los docentes o el desinterés de los estudiantes por indagar conceptos desconocidos para ellos.

Además, el reactivo 57 “*Suelo tomar notas de lo que dice el profesor en clase*” presenta la menor dispersión con un valor de 0,88 respecto a su media de 3,17, junto a otros reactivos con baja dispersión como el 1, 9 y 70, se denota una buena costumbre del registro de información importante durante las clases mediante apuntes o diagramas que permitan sintetizarla con mayor facilidad.

La dimensión o subgrupo de concentración (gráfica 14) está conformado por 10 reactivos que permiten evaluar la habilidad de concentración que tienen los estudiantes frente a dificultades personales, familiares o ruidos externos que pueden afectar el desarrollo normal de una actividad de aprendizaje. En los resultados obtenidos que nos muestra la figura 6, podemos observar que los histogramas tienen gran dispersión de datos en los rangos de 2-3 y 3-4, analizaremos casos puntuales según su varianza y media individual.



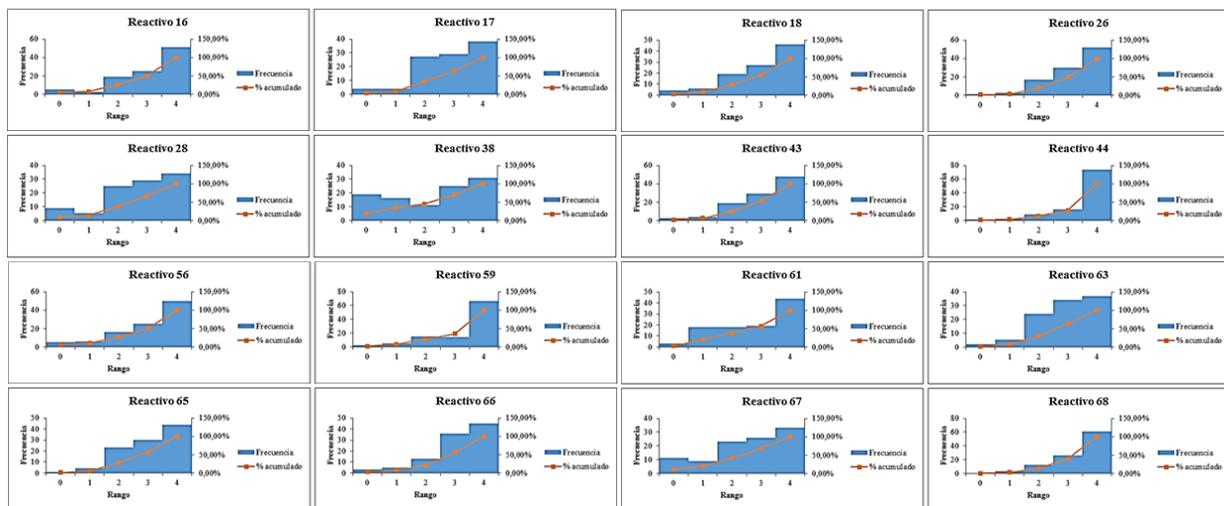
**Gráfica 14. Prueba HAPE - ITH. Concentración.**

El reactivo 20 “Me concentro sin importar sonidos, voces o luces” tiene la mayor dispersión de datos con un valor de 1,66 respecto a su media de 2,25, junto a la naturaleza del reactivo 36 “Logro poner atención a algo cuando existe mucho ruido a mí alrededor” que también presenta una dispersión de 1,47 respecto a su media de 2,51, podemos asegurar que el ruido externo es un factor importante a la hora de lograr una atención y concentración óptima en el estudiantado, lo que puede generar que los procesos en el aula no sean claros, generen confusión o incluso no se comprendan en su totalidad, y de esta manera, propiciar el desánimo y desinterés por las temáticas.

El reactivo 37 “Mantengo mi atención sin ningún problema durante toda la clase” presenta la menor dispersión de los datos con un valor de 0,83 respecto a su media de 3,1, resulta

contradictorio con los reactivos anteriores de mayor dispersión pues su objetivo principal es la atención, sin embargo, el reactivo 37 puede ser entendido por otros factores distintos al ruido que en cierto momento puede considerarse problema, pero de alguna manera no afecta de manera significativa dentro del aula.

La dimensión o subgrupo de motivación, se encuentra conformada por 16 reactivos que indagan los factores que influyen el estado de ánimo para desarrollar ciertas actividades, de ello también dependerá el aprendizaje y su impacto en el entorno que le rodea. Para los resultados obtenidos en la gráfica 15 podemos observar que los histogramas tienden su comportamiento hacia la derecha, con variabilidad en los rangos de cada uno. Analizaremos aquellos con mayor y menor dispersión.



**Gráfica 15. Prueba HAPE - ITH. Motivación.**

El reactivo 38 “*Me intereso en conocer los planes de estudio de otras instituciones educativas del mismo grado que curso*” presenta la mayor dispersión de datos con un valor de 2,26 respecto a su media de 2,32, esto se debe principalmente por la naturaleza del enunciado, donde podemos intuir que los estudiantes no encuentran interés en conocer las temáticas que se abarcan

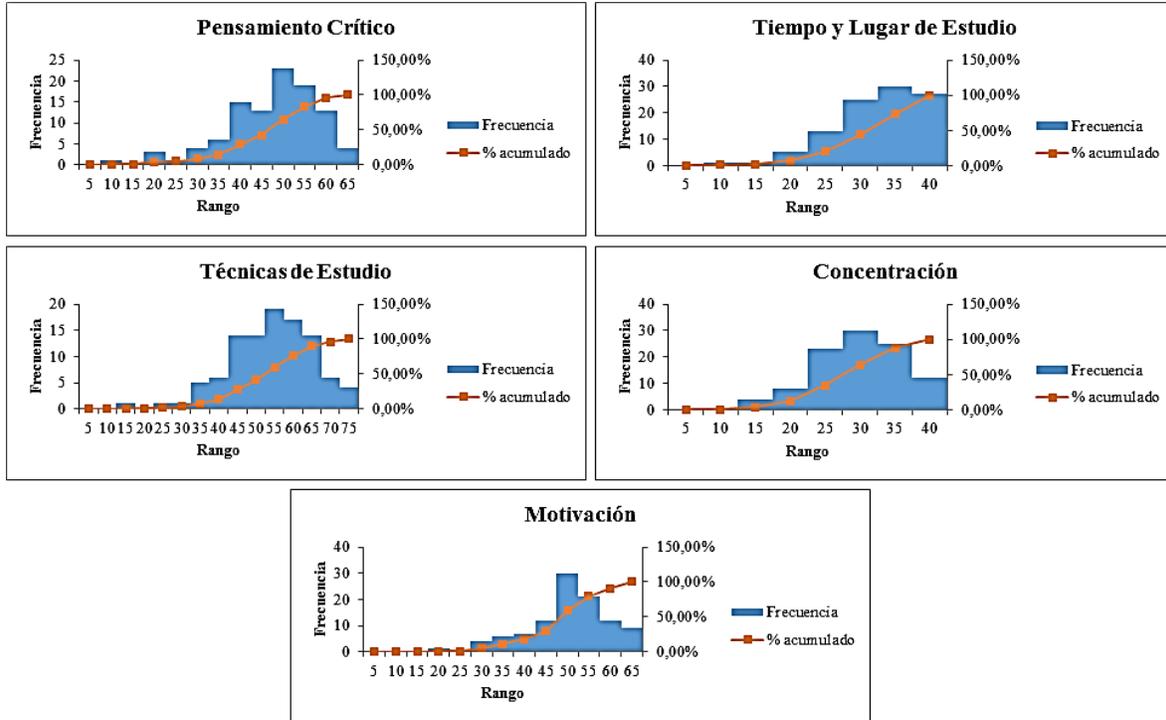
en otros colegios y en su mismo grado, es el reactivo con mayor dispersión en todo el test, asumiendo ser el más atípico para el estudiantado.

El reactivo 44 “*Mi asistencia diaria a clases es muy importante para orientarme en mi proceso de estudio*” y el reactivo 68 “*Cuento con papelería necesaria cuando estudio o realizo una actividad académica*” presentaron la menor dispersión de datos con un valor de 0,66 frente a su media de 3,57 y 3,42 respectivamente, lo que hace inferir que tanto la dirección docente como los recursos educativos son necesarios para un buen desarrollo de las actividades académicas.

### 21.1.2. *Por variable*

A continuación, se analiza los resultados obtenidos a nivel general en los dos colegios, abordaremos los subgrupos desde una mirada estadística teniendo en cuenta datos como la varianza, la media, moda, dato mínimo y máximo.

El propósito de este análisis es conocer la tendencia y comportamiento de los histogramas, encontrar las posibles causas de este y encontrar los aspectos que puedan relacionar la prueba con la encuesta de caracterización socioeconómica y familiar del estudiantado.



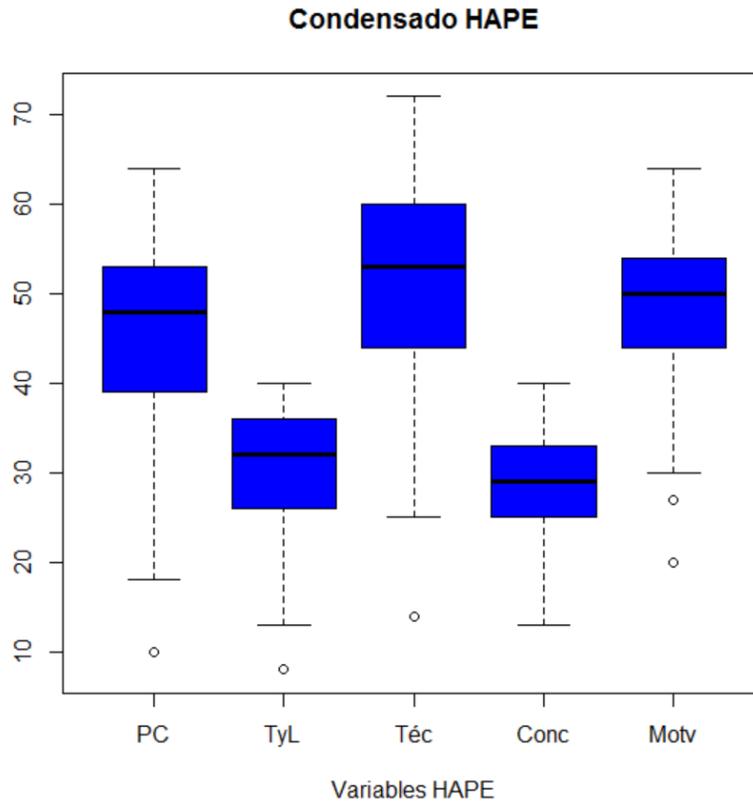
Gráfica 16. Prueba HAPE - ITH. Condensado general por variables.

Tabla 5.  
Resumen descriptiva prueba HAPE-ITH.

| FACTORES DE ANÁLISIS   | Pensamiento Crítico | Tiempo y Lugar de Estudio | Técnicas de Estudio | Concentración | Motivación | TOTAL   |
|------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------|------------|---------|
| Media                  | 45,56               | 30,68                     | 51,85               | 28,19         | 48,54      | 204,85  |
| Mediana                | 48                  | 32                        | 53                  | 29            | 50         | 208,5   |
| Moda                   | 49                  | 35                        | 56                  | 30            | 50         | 218     |
| Desviación estándar    | 10,57               | 6,69                      | 11,08               | 6,30          | 9,13       | 39,41   |
| Varianza de la muestra | 111,75              | 44,83                     | 122,78              | 39,78         | 83,53      | 1553,33 |
| Rango                  | 54                  | 32                        | 58                  | 27            | 44         | 206     |
| Mínimo                 | 10                  | 8                         | 14                  | 13            | 20         | 74      |
| Máximo                 | 64                  | 40                        | 72                  | 40            | 64         | 280     |

Teniendo en cuenta la gráfica 16 y la tabla 5, podemos observar que el puntaje máximo en cada subgrupo alcanza el puntaje máximo estándar de cada uno, además se evidencia que el rango y la desviación estándar es grande, lo que indica que los valores no son homogéneos y están

dispersos de la media, con una mayor variabilidad en los subgrupos de pensamiento crítico y técnicas de estudio, todo lo anterior se puede visualizar en conjunto mediante la figura 21.



**Figura 11.** Condensado general prueba HAPE - ITH. Diagrama de cajas.

Con base en la tabla 6, podemos evidenciar 3 percentiles para cada subgrupo, que permiten dividir el grupo de datos en cuatro partes. Para tomar algún caso en particular, en el pensamiento crítico, el 75% del estudiantado presenta un puntaje menor o igual a 53 de 64 posibles con una puntuación promedio de 45,56 (ver tabla 5) lo que representa una valoración alta para el desarrollo de esta habilidad. En general, todos los subgrupos, incluso en el total de la prueba se encuentran en el percentil 75 sobre un promedio alto de la prueba respecto a sus puntajes máximos.

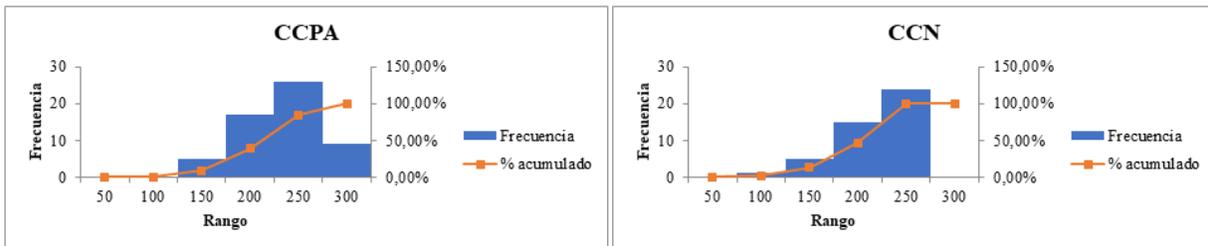
**Tabla 6.**  
*Posición descriptiva por percentiles Test HAPE-ITH.*

Posición por Percentiles

|                                  |        |       |       |
|----------------------------------|--------|-------|-------|
| Subgrupo Test HAPE-ITH           | 25     | 50    | 75    |
| <b>Pensamiento Crítico</b>       | 39     | 48    | 53    |
| <b>Tiempo y Lugar de Estudio</b> | 26     | 32    | 36    |
| <b>Técnicas de Estudio</b>       | 44     | 53    | 60    |
| <b>Concentración</b>             | 24,75  | 29    | 33    |
| <b>Motivación</b>                | 44     | 50    | 54    |
| <b>Total</b>                     | 184,75 | 208,5 | 231,5 |

### 21.1.3. Condensado de la prueba.

A continuación, en la gráfica 17 observaremos los resultados generales por colegio teniendo en cuenta el puntaje total que se puede alcanzar según lo establecido en la prueba.



**Gráfica 17. Prueba HAPE - ITH. Condensado general por colegio.**

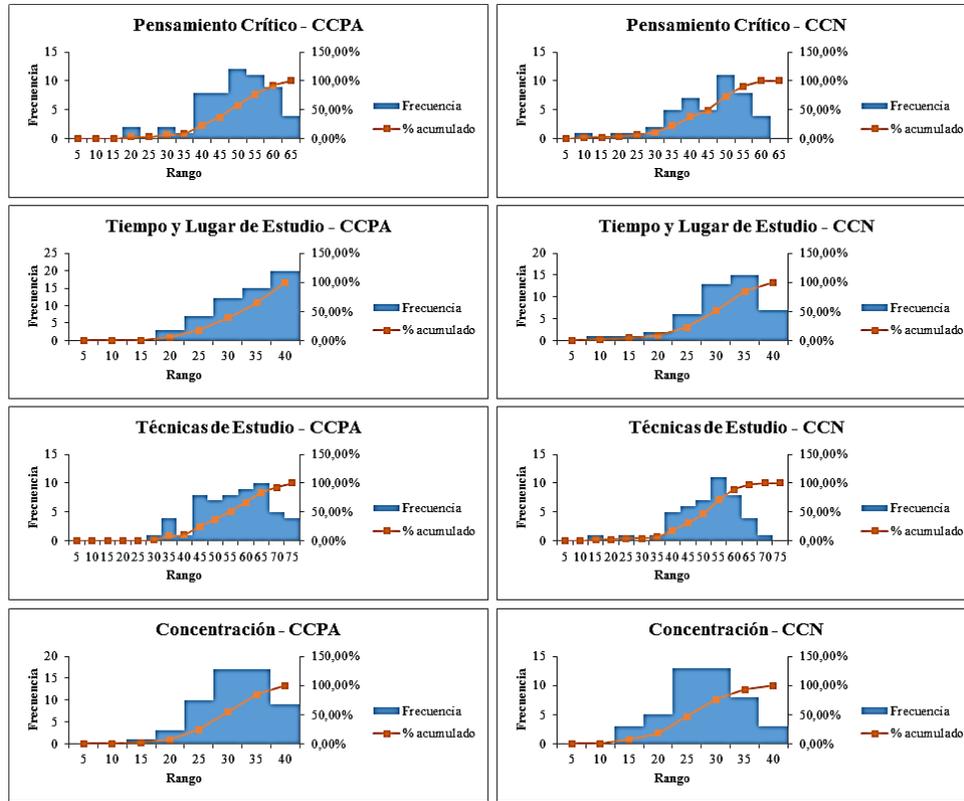
El puntaje máximo que se puede alcanzar en el test es 280 y tal como observamos en la tabla 2, en la población, algunos estudiantes del CCPA alcanzaron ese puntaje, según algunos datos descriptivos, el CCPA presenta una dispersión de los datos con un valor de 1529,97 respecto a su media de 212,49 y el CCN presenta una dispersión de datos en un valor de 1380,9 respecto a su media de 195,17, además, el 75% de la población se encuentra con un puntaje menor o igual a 245 para el CCPA y 220,5 para el CCN. En los histogramas podemos observar que la mayor población tiende a concentrarse mayormente en el rango de 200 a 250, según como se mencionaba anteriormente para el percentil 75.

#### 21.1.4. Variables por Colegio.

Finalmente, abordaremos por colegio cada subgrupo haciendo un comparativo estadístico que nos permita analizar la tendencia y comportamiento de los histogramas.

Teniendo en cuenta la gráfica 18, a simple vista, los histogramas presentan una asimetría hacia la derecha (negativa), que tiende a la búsqueda de los rangos superiores o a los puntajes máximos de cada subgrupo.

Además, evocando la tabla 7, para el pensamiento crítico, tiempo y lugar de estudio y la concentración podemos observar que el CCN tiene mayor dispersión de los datos respecto a su media, mientras que en técnicas de estudio y motivación esa dispersión es mayor en el CCPA respecto a su media. A nivel general para las variables, se puede concluir que los estudiantes en una mayor proporción se encuentran en un nivel básico-alto en el manejo de los reactivos establecidos por cada subgrupo, donde se tiene la oportunidad de potenciar e inducir procesos necesarios para un aprendizaje significativo. Es de resaltar que, en todas las variables, los estudiantes del CCPA alcanzan el puntaje máximo establecido por la prueba.



Gráfica 18. Prueba HAPE - ITH. Comparativo de subgrupos.

Tabla 7. Resumen descriptivo de subgrupo por colegio Test HAPE-ITH.

|     | Rango |     | Mínimo |     | Máximo |     | Media |      | Desv. Están. |      | Varianza |       |
|-----|-------|-----|--------|-----|--------|-----|-------|------|--------------|------|----------|-------|
|     | CPA   | CCN | CPA    | CCN | CPA    | CCN | CPA   | CCN  | CPA          | CN   | CPA      | CN    |
| PC  | 46    | 49  | 18     | 10  | 64     | 59  | 47,7  | 43,0 | 10,0         | 10,7 | 99,1     | 113,8 |
| TLE | 23    | 32  | 17     | 8   | 40     | 40  | 31,6  | 29,5 | 6,35         | 7,00 | 39,57    | 48,03 |
| TE  | 46    | 55  | 26     | 14  | 72     | 69  | 53,9  | 49,3 | 11,2         | 10,5 | 123,5    | 107,2 |
| C   | 27    | 25  | 13     | 13  | 40     | 38  | 29,5  | 26,5 | 5,9          | 6,40 | 34,7     | 40,1  |
| M   | 37    | 41  | 27     | 20  | 64     | 61  | 49,9  | 46,9 | 9,5          | 8,53 | 87,9     | 71,1  |

PC: Pensamiento Crítico. TLE: Tiempo y Lugar de Estudio. TE: Técnicas de Estudio. C: Concentración. M: Motivación. CPA: Colegio Campesre Padre Arturo. CCN: Colegio Claretiano de Neiva

21.2. Prueba HCTAES - Halpern

De los resultados obtenidos en la aplicación inicial de la prueba estandarizada HCTAES, se tendrá tres puntos de vista:

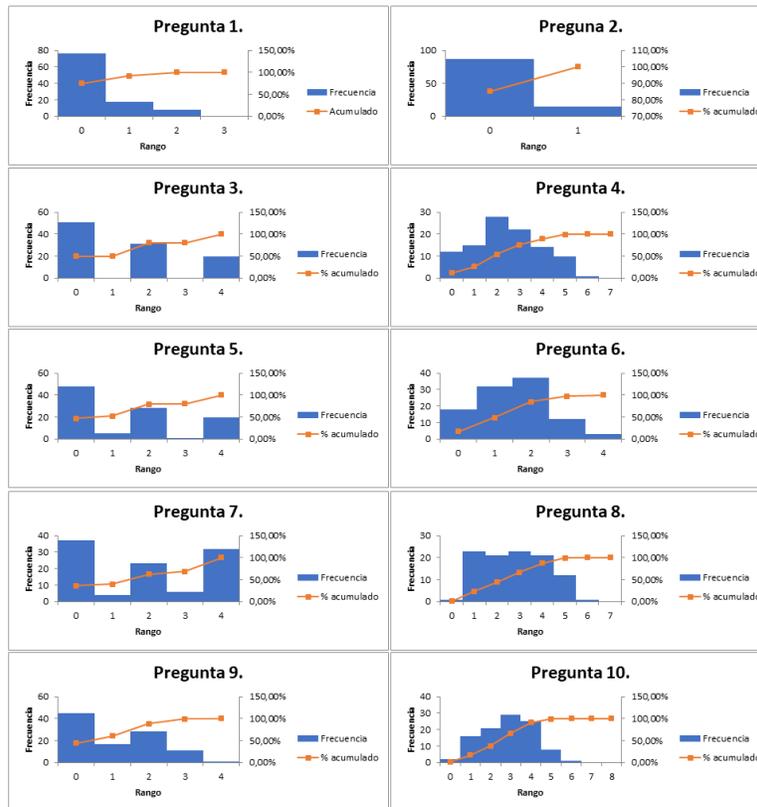
- Por situación cotidiana, donde se tomará a toda la población aplicada para un análisis general y luego especificar con cuatro preguntas.
- Por dimensión, donde se tendrá en cuenta a toda la población aplicada.
- Por colegio, donde se realizará una comparativa de dichos resultados.

### 21.2.1. *Por situación cotidiana.*

Para cada dimensión le corresponde una serie de situaciones cotidianas las cuales el estudiante debió enfrentarse y dar respuestas a preguntas tanto abierta como cerrada. Cada situación presenta un objetivo específico como se puede visualizar en el anexo B 5.

El principio básico de esta categoría es que nuestro pensamiento diario es como el método científico de prueba de hipótesis. En muchas de nuestras interacciones diarias, las personas actúan como científicos intuitivos para explicar, predecir y controlar los eventos de la vida. Las técnicas utilizadas para la prueba de hipótesis son las mismas que se utilizan en el razonamiento científico: la acumulación de observaciones, la expresión de creencias o hipótesis y el uso de la información recopilada para determinar si se confirman o refutan hipótesis.

De manera general, se analiza que los estudiantes frente a la primera dimensión presentan dificultades en reconocer y comprobar una hipótesis, ver gráfica 19, entendiéndose esta como una afirmación que puede someterse a prueba y mostrarse como solución que probablemente sea cierta o no, independientemente de las creencias que se tenga, definición planteada por Kerlinger (Castillo, 2009). Continuando con Castillo, dichas dificultades son consecuencias que pueden deberse a: la ausencia de claridad del problema, ausencia de aptitud para el empleo de la lógica del conocimiento del problema e incluso desconocimiento de la estructura para redactar una hipótesis de forma apropiada.

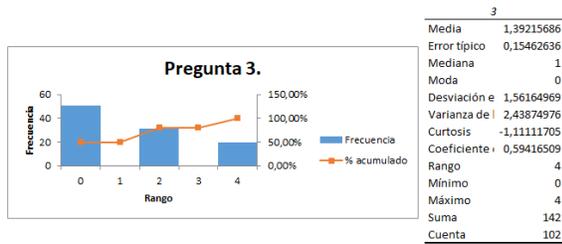


**Gráfica 19.** Comprobación de Hipótesis. Aplicación HCTAES inicial. Preguntas impares abiertas, preguntas pares cerradas.

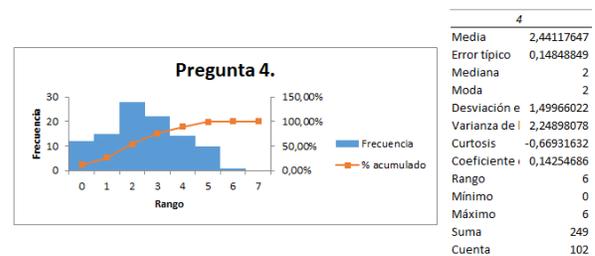
Para ser más específicos con el análisis, se tendrá como ejemplo las preguntas 3, 4, 7 y 8, es decir, situación 02 y 04,

Recordemos de cada situación tiene su propio objetivo y a la vez cada situación está conformada por dos tipos de preguntas, una abierta y otra cerrada. Siendo así que, para la situación No. 02 se tiene que: para la pregunta 3 al ser abierta cuya puntuación oscila entre un valor mínimo de 0 y máximo de 4; estadísticamente su media estuvo en 1.39, mediana en 1, moda en 0 y desviación estándar en 1.56, ver figura 20, lo anterior denota que el 50% de la población no cumple con el objetivo, sin embargo, el otro 50% reconocen que para tomar una decisión se necesita de más información y para llegar a esto se debe formular preguntas contundentes para tal fin. Sin

embargo, en la pregunta 4 que es cerrada, ver gráfica 21, no es muy distante de la pregunta abierta; su puntuación oscila entre los 0 y 7 puntos cuya media estuvo sobre el 2.44, mediana en 2, moda 2 y desviación en 1.49. Aun así, esta grafica demuestra un comportamiento Gaussiano o de distribución normal, lo que quiere decir que para esta pregunta presenta un fenómeno aleatorio.

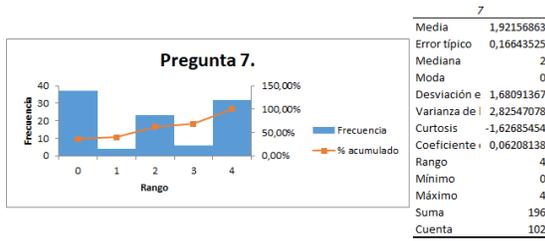


**Gráfica 20.** Estadística descriptiva.  
Situación 02, pregunta abierta.

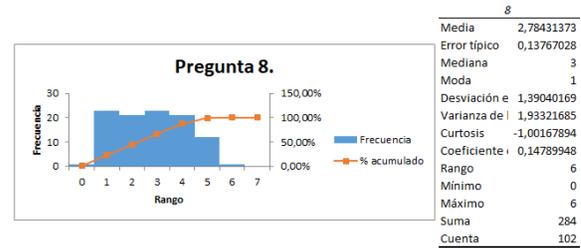


**Gráfica 21.** Estadística descriptiva.  
Situación 02, pregunta cerrada.

En la situación 04, ver gráfica 22, permite observar un aumento del 20% al 31% de los estudiantes que consideran la necesidad de una información objetiva para dar una recomendación a su mejor amigo, a pesar de que los valores estadísticos cuya media está en 1.92, mediana de 2, moda de 0 y desviación estándar de 1.68, esta última más alta que la pregunta 3. Además, en la gráfica 23 se evidencia dicho aumento en la media de 2.78, mediana a 3 y moda 1 pero con disminución de la desviación estándar de 1.38 con respecto a la pregunta 4.



**Gráfica 22. Estadística descriptiva.**  
*Situación 04, pregunta abierta.*

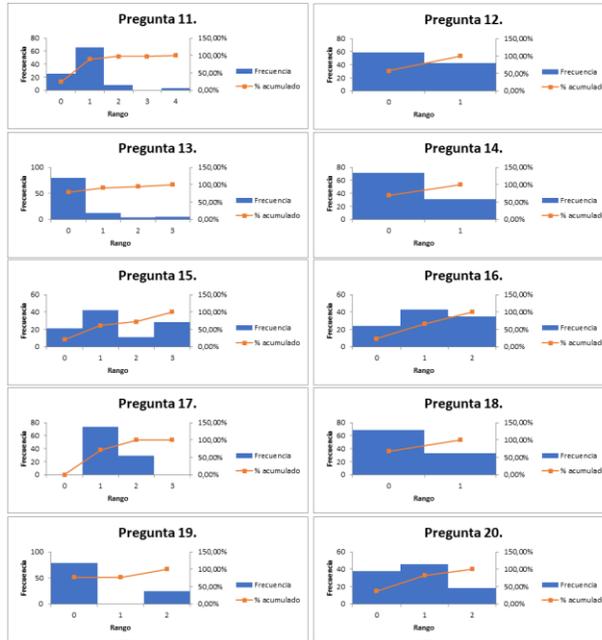


**Gráfica 23. Estadística descriptiva.**  
*Situación 04, pregunta cerrada.*

Contrastando dichas gráficas se destaca que para esta dimensión los estudiantes emplean la habilidad de comprobación de hipótesis dependiendo de la complejidad de la situación cotidiana al cual se enfrente, aun así se debe tener en cuenta que son estudiantes que presentan una formación guiada y teniendo en cuenta las etapas propuesta por Piaget, la población al cual se está estudiando están en la etapa de las operaciones formales el cual implica el aumento en la lógica, la capacidad de utilizar el razonamiento deductivo y una comprensión de las ideas abstractas. Siendo así que, los resultados obtenidos especifican que la población de estudio presenta dificultades las cuales se piensan fortalecer mediante esta investigación.

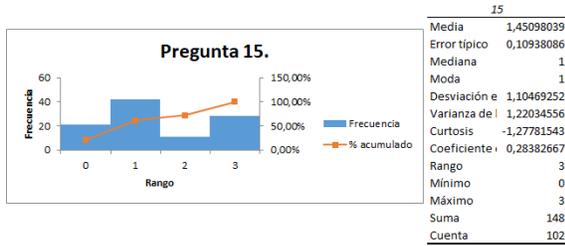
Para la segunda dimensión, razonamiento verbal, de manera general se evidencia que los estudiantes presentan dificultades, ver gráfica 24. El razonamiento verbal tiene que ver, a grandes rasgos, con la capacidad de lecto-comprensión, creatividad expresiva, competencia lingüística, aprender y desarrollar lenguajes entre otros aspectos del ejercicio verbal correspondiendo en sí al uso apropiado del idioma y de poseer una capacidad de procesamiento provechoso de la información para transmitirlo de manera oral. Aun así, mencionando a Halpern (2006) el pensamiento y el lenguaje son estructuras estrechamente relacionadas, y las habilidades en esta categoría pueden identificar la interrelación entre el lenguaje y el pensamiento. En esta relación,

el pensamiento del individuo determina el lenguaje utilizado para expresar el pensamiento y la idea del lenguaje utilizado.

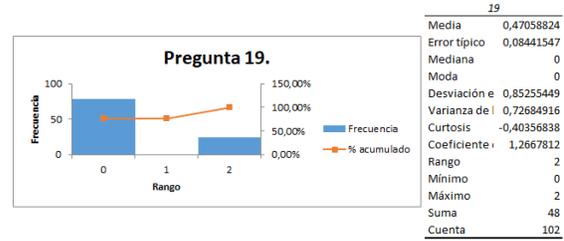


**Gráfica 24. Razonamiento Verbal. Aplicación HCTAES inicial.**

Se trae a colación los resultados obtenidos en las situaciones 8 y 10 con las preguntas 15, 16, 19 y 20 respectivamente. Pero, esta vez se analizará las preguntas abiertas y cerradas por separado. Siendo así que en la gráfica 25 se evidencia que el 41.17% de los estudiantes consideran que el razonamiento dada por el gobernador es extremadamente problema reconociendo que estigmatiza al grupo como indignos de confianza y egoísta. Lo cual es reforzado con el 76.47% de los estudiantes que no logran diferenciar entre una opinión y una razón, ver gráfica 26.

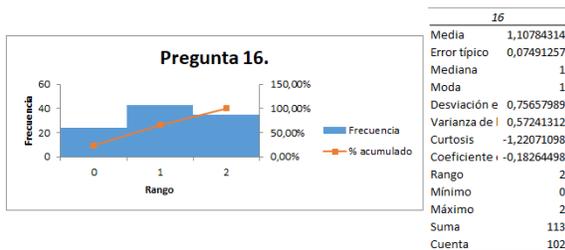


**Gráfica 25. Estadística descriptiva.**  
*Situación 08, pregunta abierta.*

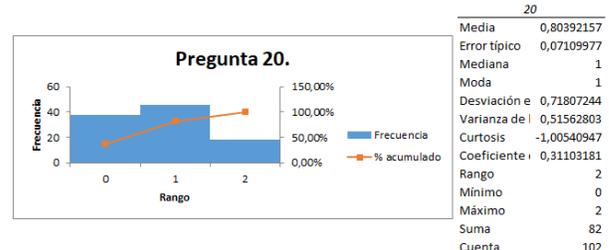


**Gráfica 26. Estadística descriptiva.**  
*Situación 10, pregunta abierta.*

A pesar de los resultados ante las respuestas abiertas, en contraste tenemos las respuestas a preguntas cerradas las cuales en esta dimensión se analizar que el 42.16% consideran que el gobernador asume a los beneficiarios de la asistencia social incapaces de tomar decisiones o que no se deben confiar de estos beneficiarios, ver gráfica 27. Además, el 45.1% si logran diferenciar en que no dio ninguna razón para su decisión o en su defecto que empleó una etiqueta social, como se muestra en la gráfica 28.



**Gráfica 27. Estadística descriptiva.**  
*Situación 08, pregunta cerrada.*

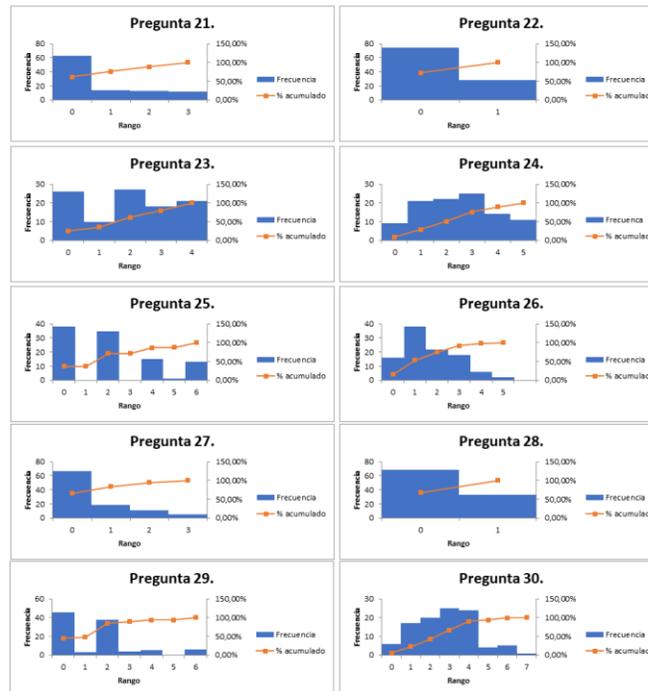


**Gráfica 28. Estadística descriptiva.**  
*Situación 10, pregunta cerrada.*

De los anteriores resultados, se puede analizar los estudiantes logran fortalecer un razonamiento verbal cuando tienen una orientación de la intencionalidad de la pregunta.

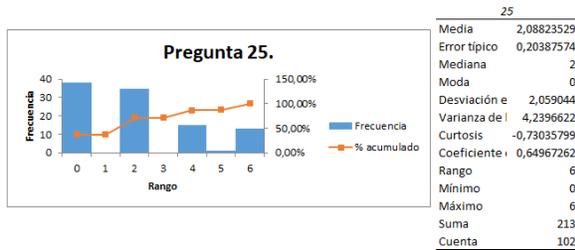
Para la dimensión de análisis de argumento, gráfica 29, el cual es una habilidad que integra la interacción social en donde el discurso debe ir más allá de las palabras, en donde se usa “el lenguaje, la comunicación (cognición) e interacción” como lo postula Van Dijk (2000), es decir,

es un conjunto de declaraciones con al menos una conclusión y las razones que respaldan a la conclusión. Por consiguiente, se tiene que a pesar de evidenciarse nuevamente dificultades se evidencia fuertemente en las preguntas 25 y 29; por ende, se analizará la situación 13 y 15 respectivamente. Pero, antes de ello, se debe reconocer que esta dimensión permite identificar si el estudiante distingue las partes clave de una conclusión y razón y a la vez pueden dar un contraargumento al respecto.

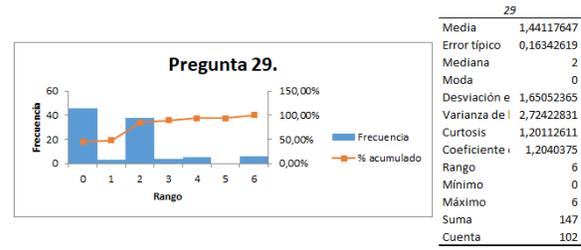


**Gráfica 29.** Análisis de Argumento. Aplicación HCTAES inicial. Preguntas impares abiertas, preguntas pares cerradas.

Frente a la pregunta 25, gráfica 30, se puede identificar un sesgo en el sentido en que el 71.57% de los estudiantes no logran identificar por completo dichas partes de un argumento, por ello, se evidencian falencias al respecto donde la media es de 2.08, la mediana 2, y la moda 0 con desviación estándar en 2.05. Dicho sesgo se ve más fuerte en la pregunta 29, gráfica 31, donde el 82.35% de los estudiantes no tiene la capacidad de dar una opinión, un motivo y mucho menos una conclusión.

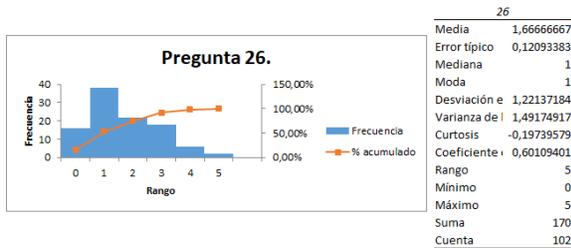


**Gráfica 30. Estadística descriptiva.**  
*Situación 13, pregunta abierta.*

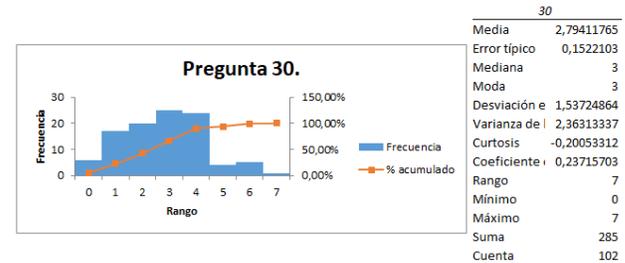


**Gráfica 31. Estadística descriptiva.**  
*Situación 15, pregunta abierta.*

En contraste, frente a las gráficas 32 y 33 no se evidencia dicho sesgo, pero si la falencia a pesar de presentarles las opciones de respuesta. No obstante, la moda en la pregunta 30 en comparación a la 26 aumentó, dicho resultado debió ser por cuestiones de interpretación de las opciones.

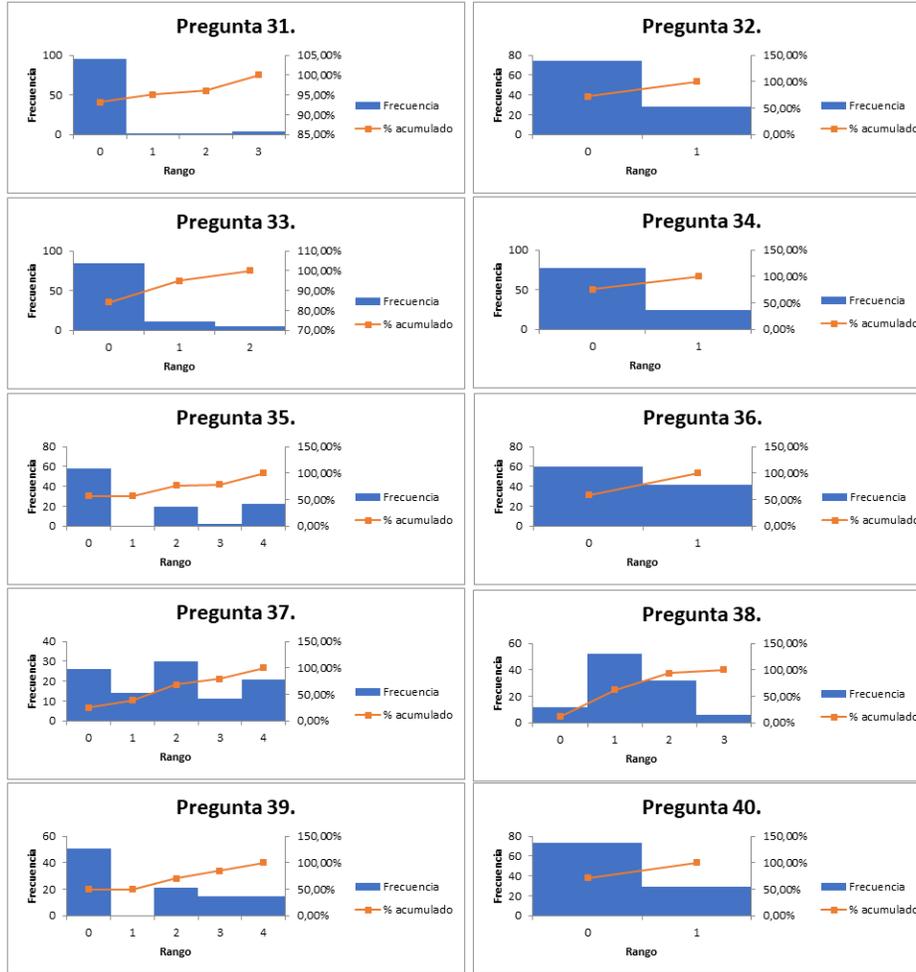


**Gráfica 32. Estadística descriptiva.**  
*Situación 13, pregunta cerrada.*



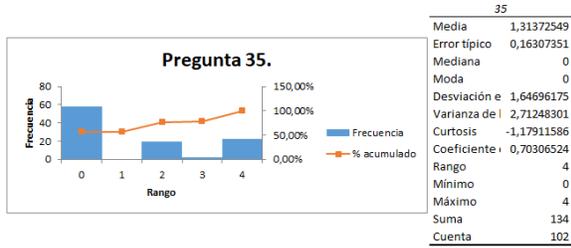
**Gráfica 33. Estadística descriptiva.**  
*Situación 15, pregunta cerrada.*

En probabilidad e incertidumbre, gráfica 34, el grupo en general presentan dificultad para determinar cuantitativamente la posibilidad de ocurrencia de un determinado suceso, al igual de no evidenciarse la habilidad de analizar y valorar distintas alternativas necesarias para tomar una decisión acorde a ventajas e inconvenientes presentados. En algunas preguntas se denota más la dificultad, haciéndose necesario realizar un reconocimiento más específico a las situaciones 18 y 19, correspondiendo a las preguntas 35 a 38.

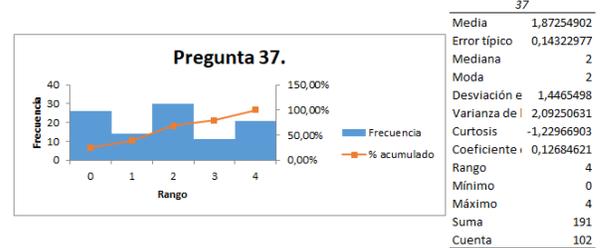


**Gráfica 34.** Probabilidad e Incertidumbre. Aplicación HCTAES inicial. Preguntas impares abiertas, preguntas pares cerradas.

En la situación 18, se evidencia que el 21.57% de los estudiantes logran comprender la probabilidad e incertidumbre que ocurra un evento, a pesar de que la media esté en 1.31, la mediana y la moda en 0 y la desviación estándar esté alta a 1.64 deduciendo que la población no es homogénea para esta dimensión, ver gráfica 35. Pero, en la situación 19, ver gráfica 36, la desviación disminuye donde la media está en 1.87, la mediana y la moda en 2, lo que quiere decir que a pesar de lo ocurrido en la pregunta 35, en la 37 se evidencia una disminución al 20.59% en la identificación de supuestos en la afirmación hecha por un artículo.

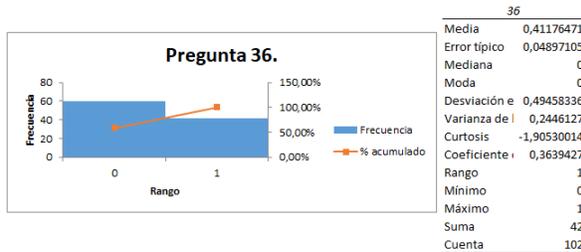


**Gráfica 35. Estadística descriptiva.**  
*Situación 18, pregunta abierta.*

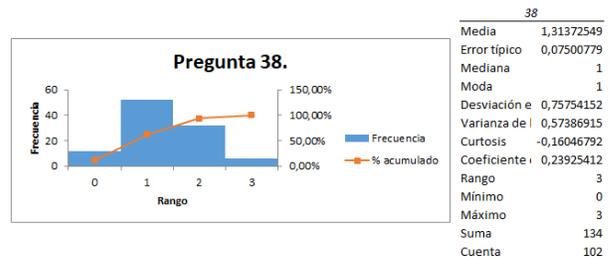


**Gráfica 36. Estadística descriptiva.**  
*Situación 19, pregunta abierta.*

En contraste a lo anterior, frente a las preguntas cerradas, gráficas 37 y figura 38, las desviaciones estándar estuvieron en un rango que no sobrepasa el 1.0, sin embargo, en la pregunta 38 se evidencia una mediana y moda de 1, en cambio en las 36 dichas descripciones estadísticas están en 0.

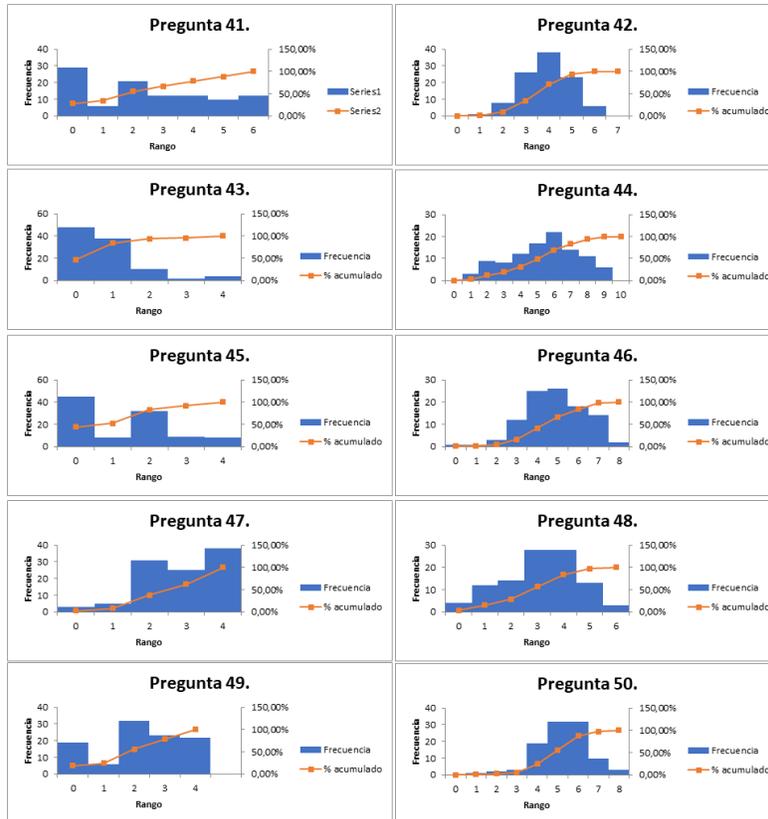


**Gráfica 37. Estadística descriptiva.**  
*Situación 18, pregunta cerrada.*



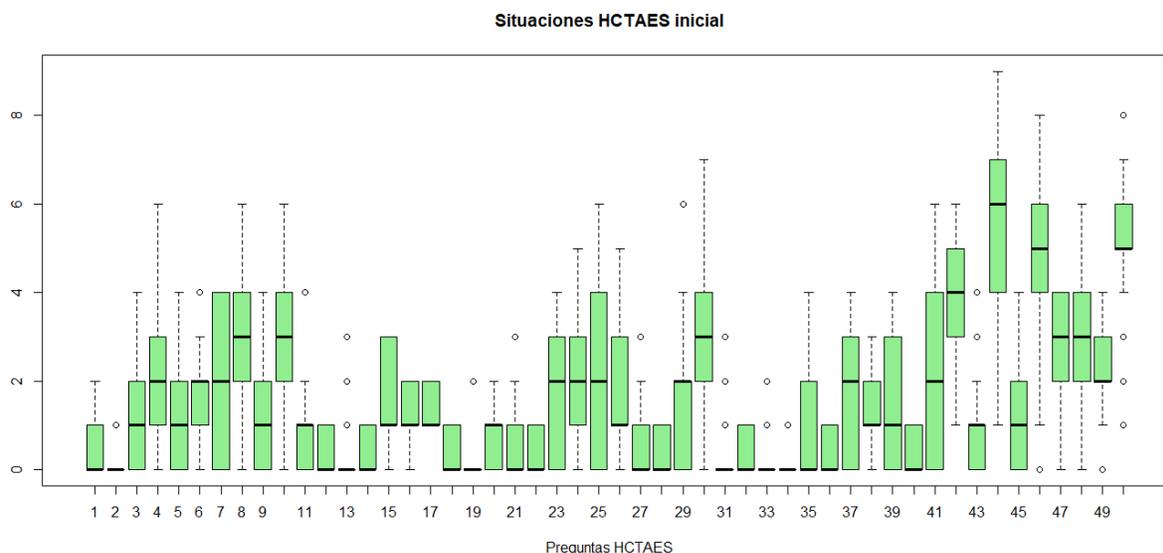
**Gráfica 38. Estadística descriptiva.**  
*Situación 19, pregunta cerrada.*

En esta última dimensión, se evidencia una mejor habilidad en la resolución problemas y toma de decisión en el sentido en que las gráficas de la gráfica 39 demuestran una distribución normal esencialmente en las preguntas cerradas, gráficas ubicadas al lado derecho. Sin embargo, aún se sigue presentando sesgos al momento de responder preguntas abiertas a excepción de la pregunta 47 donde se muestra que la máxima puntuación de 4 tiene una frecuencia alta.



**Gráfica 39.** Resolución de Problemas y Toma de Decisión. Aplicación HCTAES inicial.  
Preguntas impares abiertas, preguntas pares cerradas.

En contraste con el análisis anterior, en la Figura 22, se busca fortalecer dicho análisis evidenciándose que en donde hay mayor dificultad en los estudiantes están en la dimensión verbal con las preguntas 13 y 19; y, en la dimensión de probabilidad e incertidumbre con las preguntas 31, 33 y 34, además que en dichas dimensiones el promedio en puntuación está en cero.



**Figura 12.** Comportamiento de las dimensiones de Pensamiento Crítico. Prueba inicial HCTAES - Halpern.

### 21.2.2. Por dimensión de forma general.

En primer lugar, hemos estimado el grado de confiabilidad en los resultados de la prueba por habilidades y, como se puede visualizar en la Tabla 8, esta oscila entre 0,149 para la habilidad de Razonamiento Verbal y 0,747 en Resolución de Problemas y Toma de Decisión. Posteriormente, calculamos la confiabilidad total de la prueba mediante Alfa de Cronbach (0,859) de forma que comprobamos que la prueba mostraba un alto índice de confiabilidad.

**Tabla 8.**  
*Alfa de Cronbach por dimensiones.*

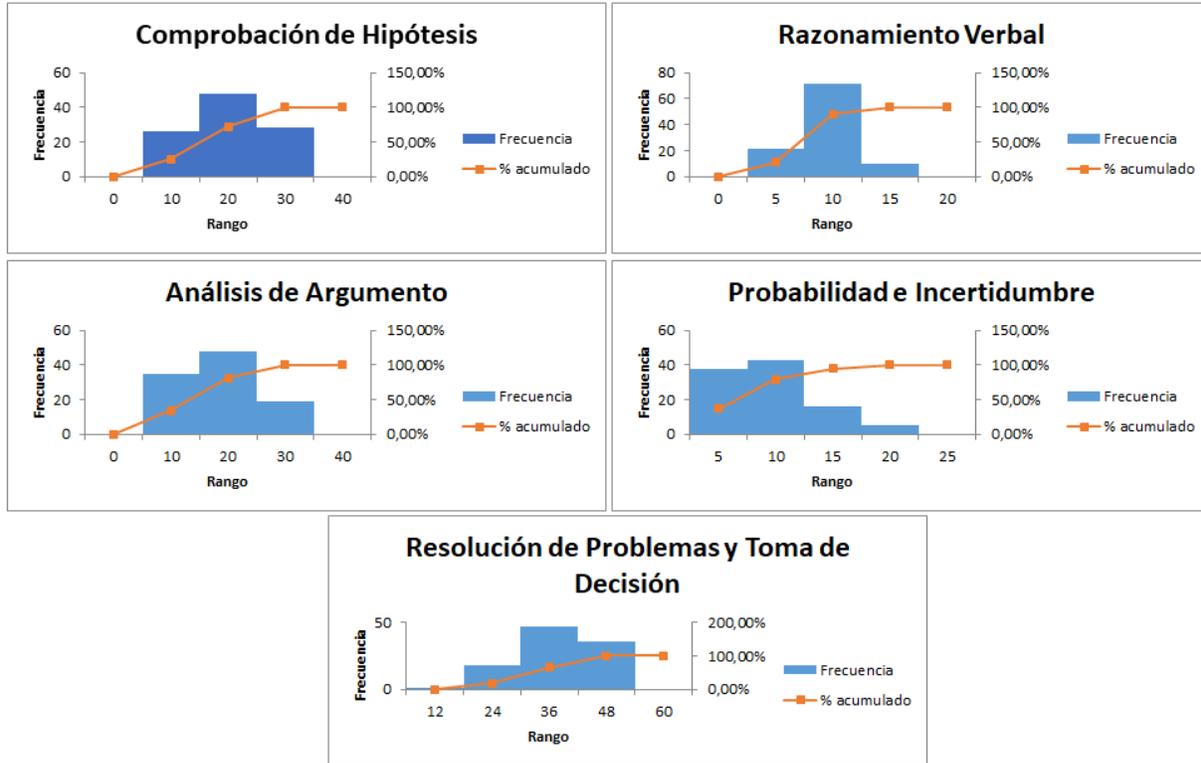
| DIMENSIÓN                                  | No. DE ELEMENTOS | ALFA DE CRONBACH |
|--|------------------|------------------|
| Comprobación de Hipótesis                  | 10               | 0,645            |
| Razonamiento Verbal                        | 10               | 0,149            |
| Análisis de Argumento                      | 10               | 0,623            |
| Probabilidad e Incertidumbre               | 10               | 0,424            |
| Resolución de Problemas y Toma de Decisión | 10               | 0,747            |
| Total                                      | 50               | 0,859            |

Después de ello, se hizo una correlación de variables con el propósito de analizar algún tipo de factores asociados entre las dimensiones encontrándose que dichas asociaciones oscilan entre una asociación pequeña a moderada como se visualiza en la Tabla 9. Siendo así que, se toma como opción de análisis de variables la Ley de Potencia con el propósito de reconocer si el sistema pertenece a un sistema complejo adaptativo.

**Tabla 9.**  
*Coefficientes de correlación entre dimensiones.*

| DIMENSIÓN 1             | DIMENSIÓN 2             | COEFICIENTE | PREGUNTAS |
|-------------------------|-------------------------|-------------|-----------|
| Hipótesis               | Hipótesis               | 0.46        | 3 y 6     |
|                         | Verbal                  | 0.34        | 3 y 15    |
|                         | Argumento               | 0.43        | 7 y 23    |
|                         | Probabilidad            | 0.39        | 3 y 35    |
|                         | Resolución de Problemas | 0.38        | 9 y 44    |
| Verbal                  | Verbal                  | 0.19        | 11 y 19   |
|                         | Argumento               | 0.39        | 19 y 24   |
|                         | Probabilidad            | 0.29        | 17 y 39   |
|                         | Resolución de Problemas | 0.33        | 12 y 46   |
| Argumento               | Argumento               | 0.47        | 23 y 29   |
|                         | Probabilidad            | 0.37        | 24 y 39   |
|                         | Resolución de Problemas | 0.34        | 25 y 44   |
| Probabilidad            | Probabilidad            | 0.32        | 37 y 39   |
|                         | Resolución de Problemas | 0.42        | 37 y 49   |
| Resolución de Problemas | Resolución de Problemas | 0.60        | 44 y 48   |

No obstante, en la gráfica 40, se evidencia que en la comprobación de hipótesis, razonamiento verbal y análisis de argumento el grupo se encuentra dentro de una distribución normal, sin embargo, en la dimensión de probabilidad e incertidumbre más del 40% de los estudiantes presentan dificultades ante esta habilidad, situación contraria con la resolución de problemas y toma de decisión.



Gráfica 40. Resultado por dimensión. General.

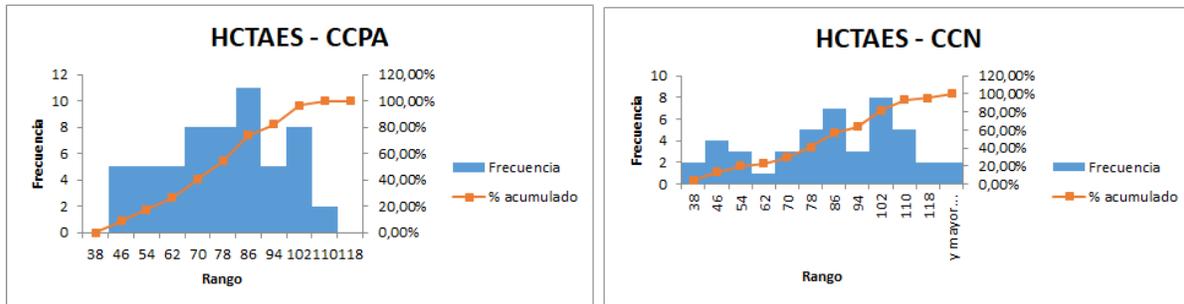
### 21.2.3. Comparación por prueba HCTAES entre Colegio Campestre Padre Arturo y Colegio Claretiano de Neiva.

Debido a que se la investigación se realiza en dos instituciones educativas se considera necesario realizar una comparación entre estas. Se desarrolla la siguiente tabla de nivelación de puntos:

| NIVEL    | PUNTUACIÓN |
|----------|------------|
| BAJO     | 0 – 68     |
| BÁSICO   | 69 – 87    |
| ALTO     | 88 – 113   |
| SUPERIOR | 113 – 118  |

Por ende, en la gráfica 41, se evidencia que:

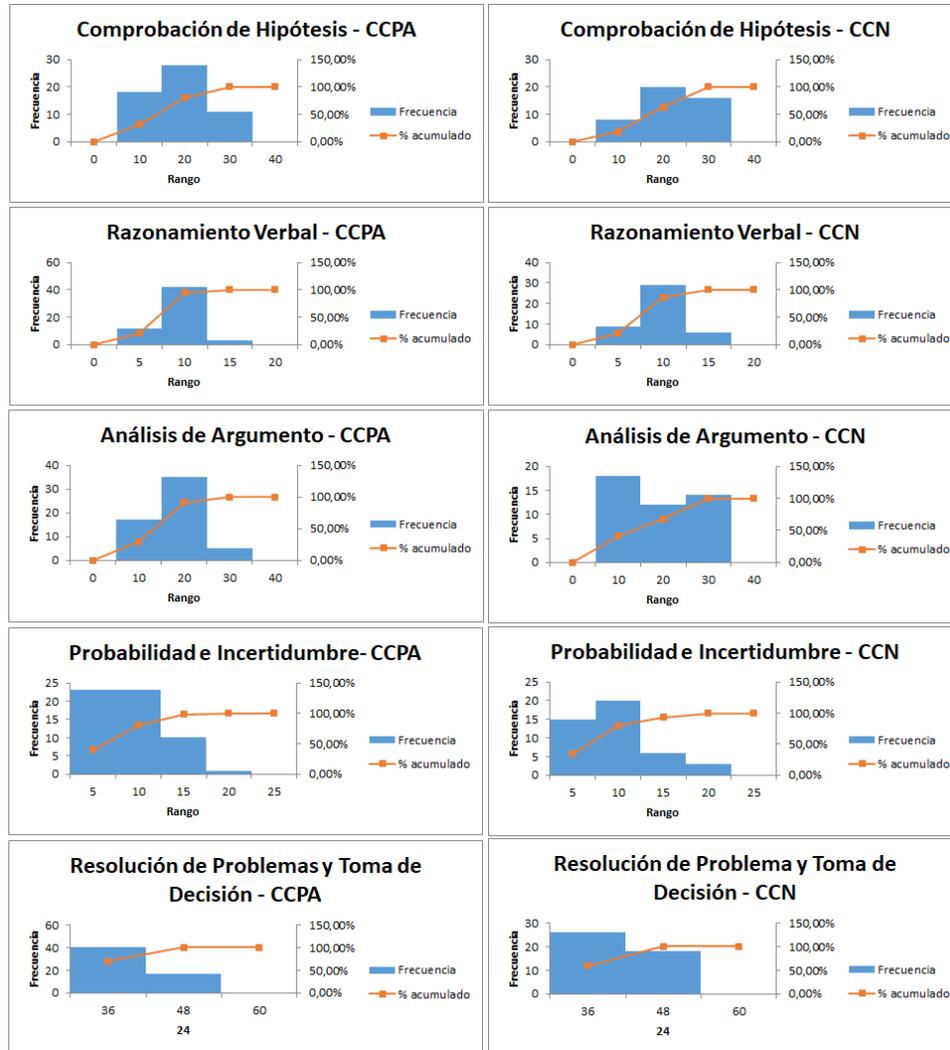
- 1) En el colegio CCPA, se encuentra dos picos, lo que significa que el 47.36% de los estudiantes en esta institución se encuentran en un nivel básico y el 26.31% están en un nivel alto.
- 2) En el colegio CCN, se encuentra sesgado encontrándose que tres grupos distribuidos de la siguiente manera; el 13.34% están en un nivel bajo, el 33.33% están en un nivel básico y un 28.88% en nivel alto. Y, hay presencia un 8.88% e estudiantes en un nivel superior.



**Gráfica 41.** Comparación prueba HCTAES general.

#### 21.2.4. Comparación de variables entre Colegio Campestre Padre Arturo y Colegio Claretiano de Neiva.

El comportamiento de la población entre dimensiones se evidencia en la Gráfica 42, que son semejantes a pesar de la diferencia de 12 estudiantes en cuanto a la tendencia de los histogramas, sin embargo, en las dimensiones de análisis de argumento y resolución de problema no hay una distribución simétrica esencialmente en el Colegio CCN, lo que llega a significar que en cierta medida los estudiantes del CCN presentan un mejor desarrollo en estas habilidades.



Gráfica 42. Comparación entre variable de los Colegios.

## 22. Sistemas Complejos Adaptativos: Leyes de Potencia

Teniendo en cuenta que la maestría tiene como eje las ciencias de la complejidad, en esta propuesta de investigación se toma dicho enfoque para analizar si la problemática pertenece o no a los sistemas complejos. Siendo así que esta se aborda desde la teoría de la Ley de Potencia, como lo menciona Holland en su libro “El Orden Oculto” para poder tener un referente y delimitar lo que pertenece al campo de la complejidad.

Este tipo de análisis se aplicó a los resultados obtenidos de la prueba inicial de Pensamiento Crítico, HCTAES – Halpern, tanto a cada una de las preguntas, situaciones y dimensiones como a los comparativos entre las dos Instituciones Educativas, de los cuales se buscó la mejor gráfica para poder interpretar los resultados (entendiéndose como mejor gráfica aquél por donde la mayoría de los puntos pasa por la recta).

La Ley de Potencia al tratarse de una relación entre dos cantidades, en este caso una perteneciendo a la frecuencia del rango de puntuación y la otra correspondiendo al rango de puntuación. De las 25 situaciones solo una se comporta por completo como un sistema complejo adaptativo (situación No. 22), y en especial la pregunta de tipo abierta No. 43, debido a que en primera instancia en la Gráfica 43 dibujada sin logaritmos refleja una relación de los rangos de puntuación entre la probabilidad de excedencia, P, y la máxima puntuación, x como se muestra en la siguiente ecuación:

$$P[X \geq x] \sim x^c$$

Donde el exponente negativo c es la pendiente de la línea que muestra en la Gráfica 43.

Sin embargo, para comprender la complejidad basándonos en esta teoría y partiendo de la ecuación anterior, se hace necesario usar las leyes de los logaritmos a cada lado de la igualdad, es decir:

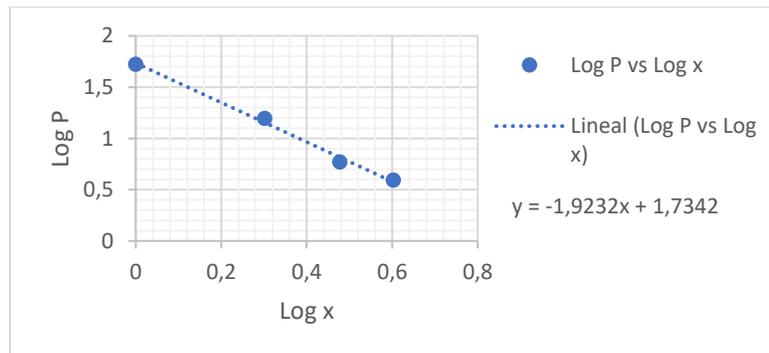
$$\log P \sim c \log x$$

Donde la cantidad P depende del rango de puntuación x y en función de ella es igual a dicha magnitud elevada a la potencia c. Por eso esta relación simple se llama ley de potencia. Estas leyes tienen un declive más lento que la cola exponencial de una curva de campana de Gauss o una curva normal, por lo que también se denominan distribuciones de "cola pesada" y pueden considerarse despectivas, como se muestra en la Gráfica 44.



**Gráfica 43.** Probabilidad de Excedencia. Pregunta abierta No. 43. Situación 22.

En la gráfica anterior se evidencia una relación negativa entre las cantidades siendo de mayor frecuencia rangos bajos en la puntuación y de menor frecuencia los rangos altos en la puntuación, dicha gráfica.



**Gráfica 44.** Ley de Potencia. Pregunta abierta No. 43. Situación 22.

Basado en las gráficas anteriores se deduce que, de todas las dimensiones, para este problema en esta población de estudio se constituye un sistema complejo adaptativo que a pesar de no estar en equilibrio (Gráfica 43) mediante la Ley de Potencia se evidencia una auto organización, en este caso representado mediante una gráfica simple como lo es la línea recta. Además, se reconoce una retroalimentación negativa (en este caso es la constante -1.9232) lo que en cierta medida llega a significar que para esta situación cuyo propósito fue determinar si el estudiante reconoce la necesidad de obtener más información de una fuente creíble con respecto a

otra opinión, los riesgos de no tomar el medicamento, las opciones de tratamiento y el costo vs. los beneficios siendo coherente en lo que respecta a la dimensión de resolver un problema y tomar una decisión que sea beneficiosa para todos, lo que demuestra la incapacidad de hacer cumplir con dicha dimensión sin tener en cuenta los factores mencionados previamente en esta situación en particular.

A partir del resultado anterior, se dio como punto de partida (tomándolo como el variable de salida) para realizar una predicción mediante el árbol de decisión por medio de lenguaje Python en Google Collaboratory, técnica de aprendizaje supervisado, dicho análisis será mencionado en el siguiente apartado.

## CAPÍTULO VI: APLICACIÓN DE ALGORITMOS SUPERVISADO Y NO SUPERVISADO

En este capítulo, se aborda el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados obtenidos a partir de la prueba estandarizada HCTAES – Halpern teniendo en cuenta la recolección, evaluación y modelado de los datos obtenidos desde el aprendizaje no supervisado y supervisado y las técnicas utilizadas en Python como software escogido para el tratamiento de estos.

Con la prueba inicial de datos HCTAES se realizó un análisis exploratorio de los datos, abordado desde las situaciones, las variables y los colegios, además, de un análisis desde los sistemas complejos adaptativos – leyes de potencia (ver Capítulo V), lo que fundamentó la introducción de los datos a las herramientas de *Machine Learning* que se podían trabajar.

### 23. Aprendizaje No Supervisado

Como lo establece Müller & Guido (2016) el aprendizaje no supervisado es todo aquel donde no hay resultados conocidos, es decir, únicamente cuenta con los datos de entrada que se le proporcione para analizar. Para nuestro caso de estudio a manera de fase inicial se realizaron tres fases que se abordan a continuación:

#### 23.1. Fase I: Exploración de Datos

##### 23.1.1. Procesamiento y Escalado

Una vez cargada la base de datos en nuestro libro de comandos *Google Colaboratory* se pudieron visualizar los datos obtenidos luego de evaluada la prueba inicial realizada por la población de estudio – y a su vez descartando la variable del “Código”, nombre asignado a cada estudiante – gracias al siguiente código de ejecución:

```
df = pd.read_excel("HCTAES inicial.xlsx")  
del(df['CÓDIGO'])  
print(df)
```

Posterior a ello, iniciamos la técnica de preprocesamiento y escalamiento cuyo objetivo principal es ajustar los datos a una manera más sencilla en el uso de los algoritmos, normalmente estos se pueden realizar de cuatro maneras diferentes para estandarizar la información, estos son el *StandardScaler*, *MinMaxScaler*, *RobustScaler* y el *Normalizer*. Para nuestro caso, se escogió el método *StandardScaler* ya que su característica principal es de llevar todos los datos a una misma magnitud puesto que la media es 0 y la varianza en 1 como valores estándares, aplicamos el siguiente código para escalamiento y transformación de los datos:

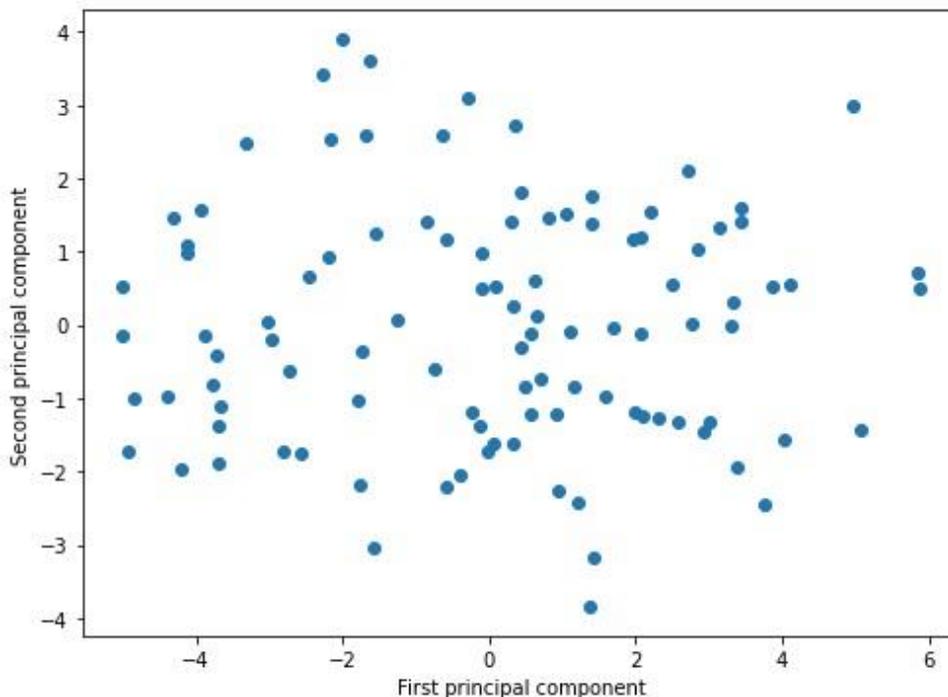
```
from sklearn.preprocessing import StandardScaler  
scaler = StandardScaler()  
scaler.fit(df)  
X_scaled = scaler.transform(df)
```

### 23.1.2. Análisis de Componentes Principales: PCA

Este método según Müller & Guido (2016) permite la rotación de un conjunto de datos, de tal manera que no se correlacionen estadísticamente, para ello utilizamos un código que nos permita en primera medida buscamos los componentes principales especificando el número, para nuestro caso dos (2) componentes, con el propósito de reducir la dimensionalidad de los datos con el siguiente código:

```
from sklearn.decomposition import PCA
pca = PCA(n_components=2)
pca.fit(X_scaled)
X_pca = pca.transform(X_scaled)
print("Original shape: {}".format(str(X_scaled.shape)))
print("Reduced shape: {}".format(str(X_pca.shape)))
```

Al ejecutar el anterior código, la forma original de los datos estaba formada por 102 filas y 53 columnas, y al reducirlos quedaron 102 filas y 2 columnas. Posterior a la reducción, se graficó los componentes principales, ver Figura 23, los cuales corresponden a direcciones en los datos originales por lo tanto son combinaciones de las características originales. Es la figura tenemos un alto nivel de dispersión de los datos, lo que desde un primer momento nos permite inferir una mínima correlación entre los datos.



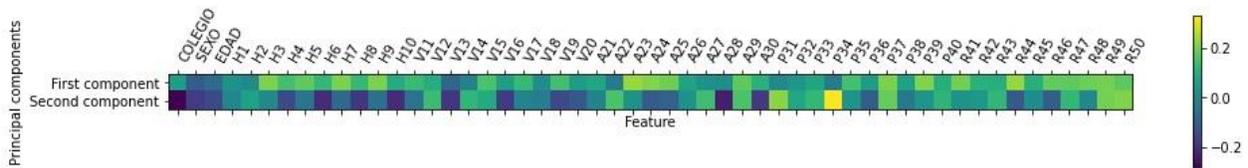
**Figura 13.** *Dispersión bidimensional con los componentes principales.*

Ahora bien, los componentes principales se almacenan en un atributo para el análisis de componentes principales, cada fila (2) corresponde a un componente principal y se encuentran

ordenados por su importancia, a su vez las columnas (53) corresponden a las características originales, en nuestro caso, las variables evaluadas en la prueba HCTAES (Hipótesis, Verbal, Argumentación, Probabilidad y Resolución de problemas). Para lo anterior, utilizamos el siguiente código:

```
print("PCA component shape: {}".format(pca.components_.shape))
```

Estos coeficientes se pueden observar en la Figura 24:



**Figura 14.** Mapa de calor de los primeros componentes principales del conjunto de datos HCTAES.

Con el mapa de calor obtenido, normalmente y según lo manifestado por Müller & Guido (2016), los componentes o características tienen signos mixtos, es decir, se mueven en la escala desde positivo a negativo, lo que hace complicado la explicación de estos, y mostrando por segunda vez que es mínima la correlación entre las mismas, reforzando que el problema a solucionar no es lineal.

### 23.1.3. Aprendizaje Múltiple con t-SNE

Este algoritmo permite normalmente una visualización más clara de los datos, logran una nueva representación más no una transformación y resulta muy útil para el análisis exploratorio como nuestro caso. El objetivo es representar los datos preservando la distancia, acercando o alejando según ocurra al espacio de la característica original. Para ello, utilizamos el siguiente código:

```

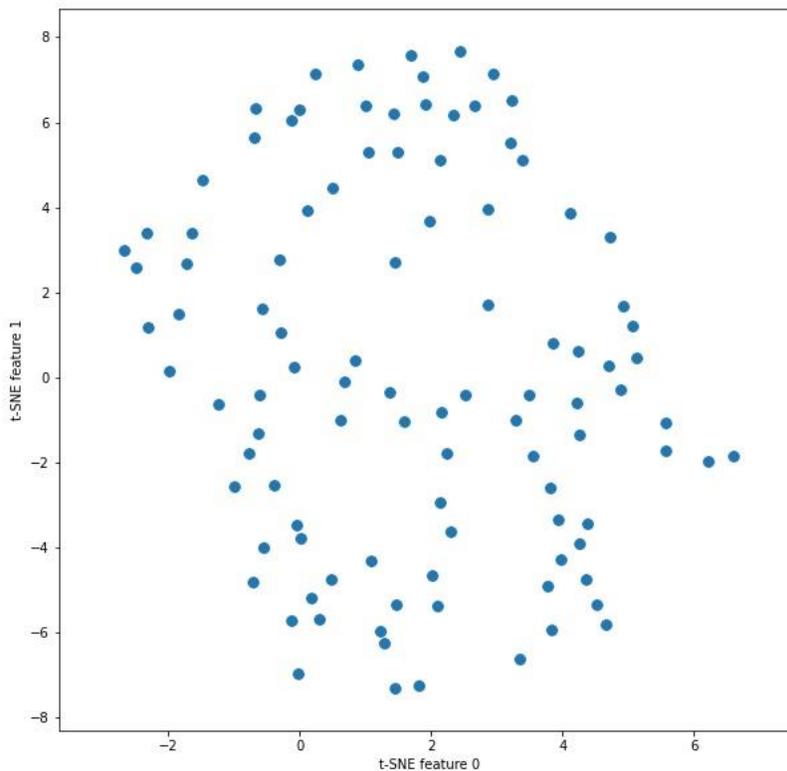
from sklearn.manifold import TSNE
tsne = TSNE(random_state=42)

X_tsne = tsne.fit_transform(X_pca)
plt.figure(figsize=(10, 10))
plt.xlim(X_tsne[:, 0].min()-1, X_tsne[:, 0].max() + 1)
plt.ylim(X_tsne[:, 1].min()-1, X_tsne[:, 1].max() + 1)

plt.scatter(X_tsne[:, 0], X_tsne[:, 1], marker='o', s=60.)

plt.xlabel("t-SNE feature 0")
plt.ylabel("t-SNE feature 1")
  
```

Partiendo de los comandos anterior, se obtuvo el siguiente resultado (Figura 25).



**Figura 15.** *Dispersión de los datos usando componentes encontrado por t-SNE.*

En la anterior figura podemos encontrar una distribución diferente en comparación con la encontrada para el PCA, se nota algún acercamiento de puntos, intentado formar pequeños grupos,

que podrán verse de manera más detallada en los algoritmos de Clustering que se usaron en el siguiente grupo.

## 23.2. Fase II: Clustering

En esta segunda parte del aprendizaje no supervisado, se utilizaron tres algoritmos que se detallan a continuación. Recordemos que el objetivo de la técnica Clustering es dividir el conjunto de datos en grupos, de tal manera que los datos de un grupo sean muy similares y a su vez muy distintos a otros grupos.

### 23.2.1. k-Means

Es el algoritmo más utilizado y a su vez el más sencillo, intenta encontrar los centros de clústeres, y durante la ejecución del algoritmo es necesario asignar el número de clúster que deseamos encontrar, de allí que podemos alternar este número para encontrar la media más alta.

Se utilizó el siguiente código:

```
from sklearn.cluster import KMeans

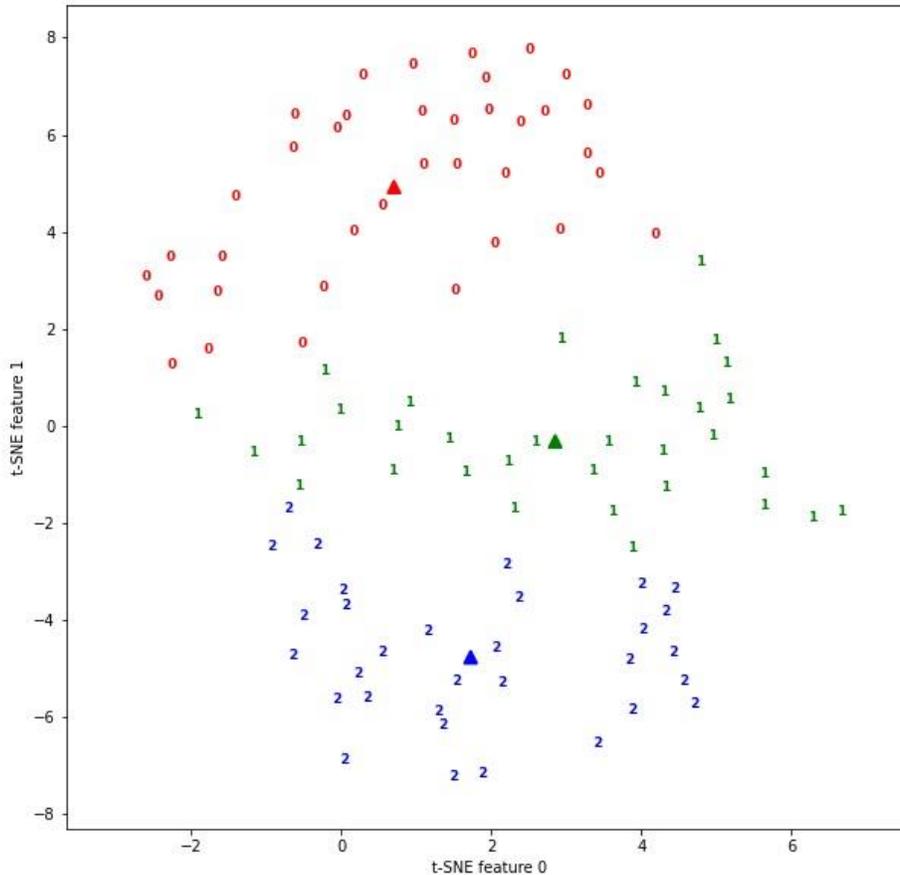
kmeans = KMeans(n_clusters=3)
kmeans.fit(X_tsne)
```

Se predicen y se grafica nuevos puntos (Figura 26) sin cambiar el modelo existente con el siguiente código:

```
print(kmeans.predict(X_tsne))

colors = ["r", "g", "b"]
plt.figure(figsize=(10, 10))
plt.xlim(X_tsne[:, 0].min()-1, X_tsne[:, 0].max()+1)
```

```
plt.ylim(X_tsne[:, 1].min()-1,X_tsne[:, 1].max()+1)
for i in range(len(X_tsne)):
plt.text(X_tsne[i, 0],X_tsne[i, 1], str(kmeans.labels_[i]),color = colors[kmeans.labels_[i]],fontdic
t={'weight': 'bold', 'size': 9})
plt.scatter(kmeans.cluster_centers_[:, 0], kmeans.cluster_centers_[:, 1],s=60,marker='^',c=colors,
linewidth=2)
plt.xlabel("t-SNE feature 0")
plt.ylabel("t-SNE feature 1")
```



**Figura 16.** Gráfica Clúster con t-SNE ajustado.

Aquí podemos observar la distribución de los datos en los tres clústeres ajustados anteriormente, cada triángulo representa el centro del grupo y entre más cercano esté el punto, más similar es entre sí dentro del grupo. obteniéndose las distancias de cada uno de los estudiantes a los centros de cada Clúster, ver Figura 27, a partir del siguiente código:

```
distance_features = kmeans.transform(X_tsn
e)
print("Distance feature shape: {}".format(dis
tance_features.shape))
print("Distance features:\n{}".format(distan
ce_features))
```

```
Distance feature shape: (102, 3)      [[ 11.8912325  7.2238073  2.7937133 ]
Distance features:                  [ 2.6903198  5.45513  10.014906 ]
[[ 1.3862718  7.01601  10.959922 ] [ 8.856666  3.1951973  2.6345177 ]
[ 3.9994617  3.432513  6.157097 ] [ 9.13664  3.477836  2.964381 ]
[ 5.0161953  2.178013  4.786161 ] [ 5.6279235  0.3378861  4.434983 ]
[ 2.330719  3.340381  7.485406 ] [ 11.439858  5.7838774  3.1091726 ]
[ 2.5786657  5.842239  10.385509 ] [ 10.327863  4.669184  2.62946 ]
[ 8.715908  4.4689493  1.9874995 ] [ 1.5028483  6.958945  11.181553 ]
[ 3.8733554  6.4353404  8.921389 ] [ 6.2669845  2.393917  6.239683 ]
[ 1.5675966  6.9272504  10.676661 ] [ 2.3576398  4.292336  8.813274 ]
[ 10.386567  5.1116214  0.70498794 ] [ 9.684461  5.036047  1.2483568 ]
[ 4.80711  5.3791056  7.189164 ] [ 6.4657393  0.81340444  4.0721602 ]
[ 5.313952  1.4931016  4.4295893 ] [ 5.8096237  4.090355  5.089671 ]
[ 5.3130636  2.8759441  7.195423 ] [ 12.213215  6.9985995  2.4762158 ]
[ 9.840795  5.7366767  2.4347844 ] [ 10.625903  5.955118  1.7082392 ]
[ 1.5442364  7.2034917  11.196666 ] [ 2.0629637  6.5275493  10.971081 ]
[ 8.82897  3.7459748  5.277184 ] [ 6.122748  1.9497535  5.865816 ]
[ 10.670632  6.162253  2.0766456 ] [ 1.9173626  6.802055  11.18451 ]
[ 10.88514  5.85866  1.2814229 ] [ 10.281185  5.1980147  0.6185529 ]
[ 3.2888992  5.4668894  8.211262 ] [ 8.229862  3.0569372  4.9000366 ]
[ 3.3947988  6.372458  9.111357 ] [ 6.022664  0.64557135  4.6920557 ]
[ 4.5156407  2.1391907  5.249544 ] [ 4.3388753  4.0677958  8.598072 ]
[ 7.5252957  3.9167447  3.0792155 ] [ 8.974345  4.0498214  5.6893363 ]
[ 2.253548  7.8910117  11.985168 ] [ 3.878617  2.0234826  6.5712075 ]
[ 4.2586875  5.026777  7.2082605 ] [ 2.461114  4.4768114  11.859391 ]
[ 6.012742  1.440817  3.743793 ] [ 12.230084  7.1167717  2.5445175 ]
[ 5.478393  4.859151  6.158372 ] [ 11.830334  6.3094945  2.4576404 ]
[ 2.447409  6.728793  11.211173 ] [ 9.022027  5.024923  2.4030726 ]
[ 1.7710327  4.102679  8.459189 ] [ 7.700718  2.812385  5.3457794 ]
[ 0.8698723  5.7889996  10.075419 ] [ 3.1542926  7.4692326  11.977434 ]
[ 1.4320208  5.467113  9.874006 ] [ 9.506872  3.8436763  2.6752973 ]
[ 2.1985137  6.581268  9.935565 ] [ 5.7295003  2.6825707  6.8368435 ]
[ 6.6583767  2.0199873  5.4857206 ] [ 7.188478  1.7286183  4.267191 ]
[ 10.116547  5.552217  1.609646 ] [ 5.1856933  1.4981334  5.9562736 ]
[ 2.9758682  6.8344193  11.370681 ] [ 2.82038  7.9707756  12.332293 ]
[ 0.5158067  5.914613  10.101086 ] [ 3.5717132  4.376353  8.961633 ]
[ 7.6680326  4.447799  3.5031397 ] [ 9.662598  4.4156504  0.3024286 ]
[ 1.9713162  7.5236516  11.347906 ] [ 10.953536  5.2969213  2.8437135 ]
[ 0.5197364  5.319164  9.296276 ] [ 3.246249  7.992916  12.450343 ]
[ 7.336678  1.6745158  3.452251 ] [ 11.29676  5.700557  2.4013755 ]
[ 5.9083505  0.85211706  3.9827607 ] [ 9.2461195  4.37241  0.78584045 ]
[ 8.703951  3.363177  1.265747 ] [ 6.545887  1.3893385  4.846358 ]
[ 3.964728  6.0715265  8.460876 ] [ 2.4539132  7.9337134  12.1634445 ]
[ 9.767092  4.119436  2.290842 ] [ 11.191991  6.136337  1.5493761 ]
[ 6.8690276  3.9084773  3.8866427 ] [ 1.4851277  6.6866775  10.985683 ]
[ 5.916744  2.329823  3.9298751 ]
[ 8.139381  2.476015  3.0077505 ]
[ 10.303866  4.6864843  2.058846 ]
[ 5.564282  1.6844444  5.9538097 ]
[ 1.1610984  5.0489044  8.837182 ]
[ 7.985695  2.7128887  1.8760242 ]
[ 6.3742175  3.616542  4.1784472 ]
[ 3.5538995  3.9271662  6.7727466 ]
[ 6.869847  1.5865859  3.0306044 ]
[ 2.788623  5.8394938  8.843999 ]
[ 4.738166  2.9868846  5.3306007 ]
[ 5.4805517  3.4581265  4.949514 ]
[ 2.379941  4.411355  7.79967 ]
[ 8.409962  4.2678485  2.201738 ]
```

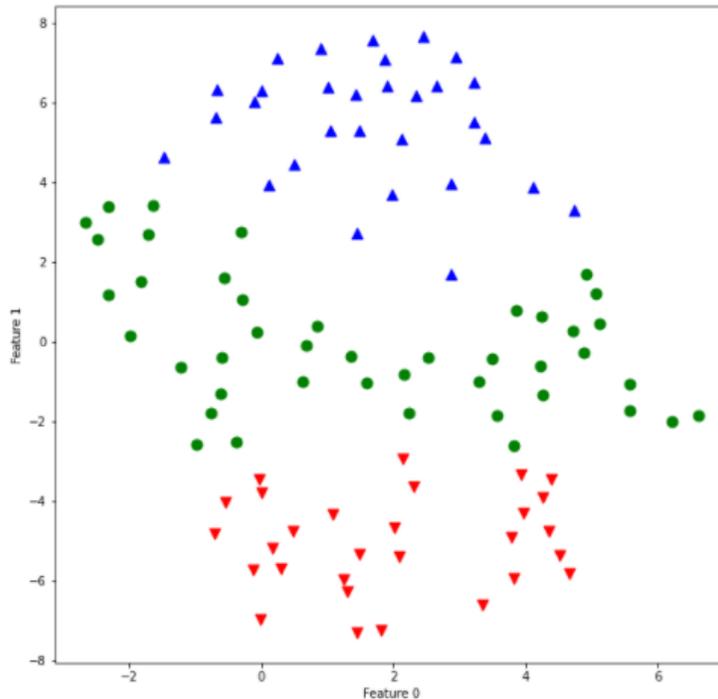
Figura 17. Distancias Clústeres, *k*-Means.

### 23.2.2. Aglomerativo

Para esta técnica, se usó la librería *sklearn.cluster* para importar *AgglomerativeClustering*, y a partir de los siguientes comandos;

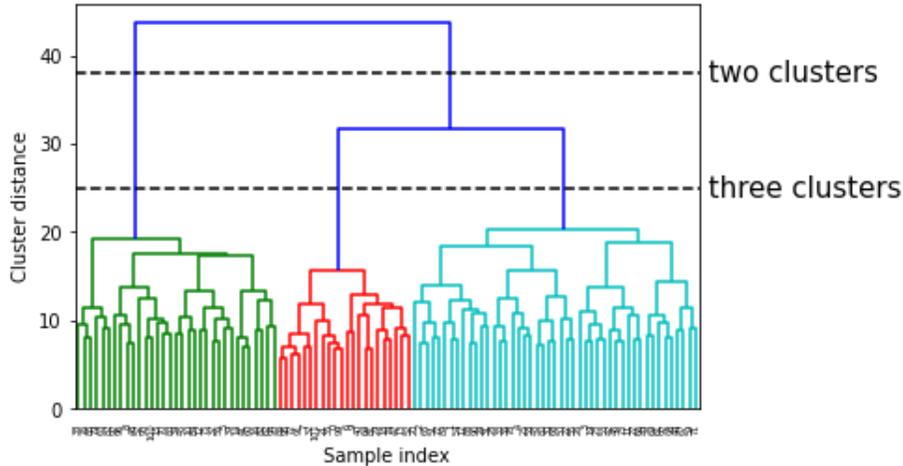
```
agg = AgglomerativeClustering(n_clusters=3)
assignment = agg.fit_predict(X_tsne)
color=['g','b','r']
m=['o','^','v']
plt.figure(figsize=(10, 10))
for i in range(len(assignment)):
plt.scatter(X_tsne[i, 0], X_tsne[i, 1], c=color[assignment[i]],marker=m[assignment[i]],s=80)
plt.xlabel("Feature 0")
plt.ylabel("Feature 1")
```

Se obtuvo unos resultados que, al proporcionar una vista muy detallada de la agrupación jerárquica, se basa en la naturaleza bidimensional de los datos y, por lo tanto, no se puede utilizar en conjuntos de datos que tienen más de dos características (Figura 28).



**Figura 18.** Ubicación jerárquica bidimensional.

Sin embargo, existe otra herramienta para visualizar la agrupación jerárquica, llamada dendrograma, que puede manejar conjuntos de datos. Para dicha gráfica se empleó la librería *scipy.cluster.hierarchy* para importar *dendrogram*, *ward*. A partir del agrupamiento *ward* a la matriz de datos *X*, la función **SciPy ward** devuelve la matriz que especifica las distancias punteadas al realizar agrupaciones aglomerativas,  $linkage\_array = ward(df)$ . Al trazar el dendrograma por *linkage\_array* que contiene las distancias entre los conglomerados,  $dendrogram(linkage\_array)$ , se marcan los cortes en el árbol que signifiquen dos o tres racimos, ver Figura 29.



**Figura 19.** Dendrograma de Clúster bidimensional.

Desafortunadamente, la agrupación aglomerativa todavía falla en la separación de formas complejas. Pero no ocurre lo mismo con el siguiente algoritmo que veremos, DBSCAN.

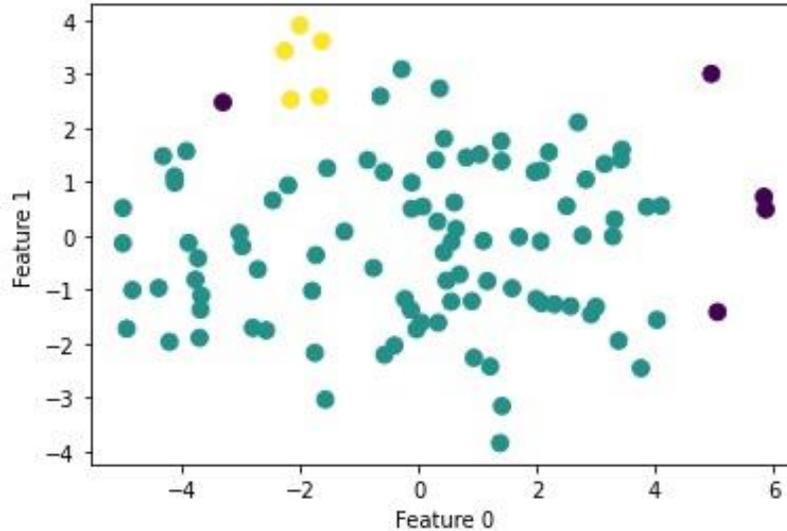
### 23.2.3. DBSCAN

Este algoritmo de agrupación resulta muy útil y tiene una característica relevante sobre los dos anteriormente trabajados, no es necesario asignar un número de clúster, antes bien, es capaz de agrupar en una manera más compleja los datos e identifica aquellos datos que actúan como “ruido” dentro del conjunto trabajado. Trabajamos con el siguiente código y graficamos, ver Figura 30:

```

from sklearn.cluster import DBSCAN
dbscan = DBSCAN(eps=1, min_samples=3)
clusters = dbscan.fit_predict(X_pca)
print("Cluster memberships:\n{ }".format(clusters))

plt.scatter(X_pca[:, 0], X_pca[:, 1], c=clusters, s=60)
plt.xlabel("Feature 0")
plt.ylabel("Feature 1")
  
```



**Figura 20.** Clúster por algoritmo DBSCAN.

En esta figura podemos observar por colores, los clústeres formados (2) y los datos ruido de color morado que posiblemente no se asocian a ningún grupo.

### 23.3. Fase II: Evaluación de los Algoritmos

Ahora bien, para nuestro caso de estudio fue necesario comparar los tres algoritmos anteriormente, a través de algoritmo *silhouette\_score*, vistos para determinar o evaluar cuál era óptimo o si en definitiva se comprobaba que no aportan información relevante para analizar. Hay métricas que se pueden utilizar para evaluar el resultado de un algoritmo de Clustering en relación con un agrupamiento de verdad del terreno, siendo los más importantes el índice rand ajustado (ARI) y la información mutua normalizada (NMI), que proporcionan un valor cuantitativo entre 0 y 1. Luego de ajustar los clústeres para cada algoritmo, obtuvimos las métricas más altas y se evidencia en el siguiente código:

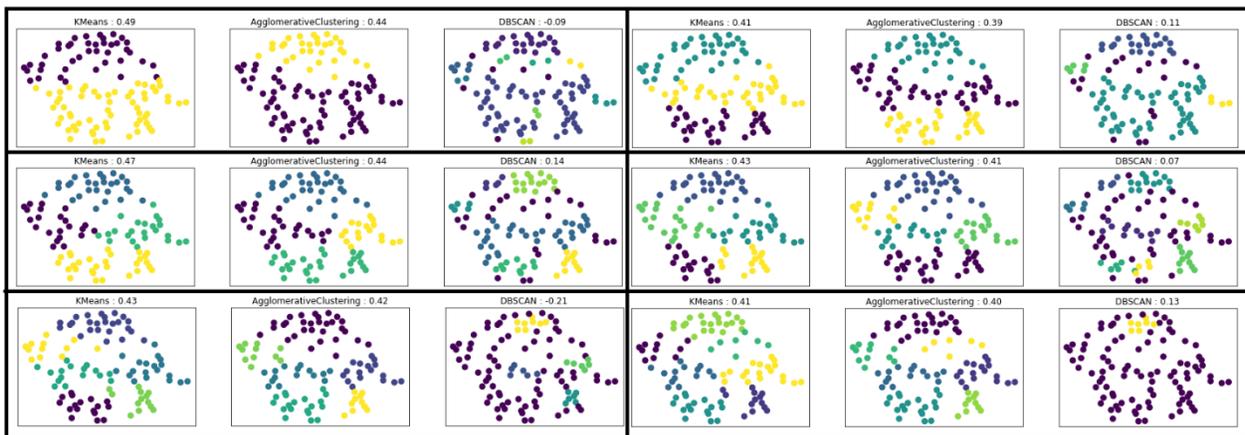
```

from sklearn.metrics.cluster import silhouette_score
fig, axes = plt.subplots(1, 3, figsize=(15, 3), subplot_kw={'xticks': (), 'yticks': ()})

```

```
algorithms = [KMeans(n_clusters=2), AgglomerativeClustering(n_clusters=2),DBSCAN(eps=1,
min_samples=3)]
for ax, algorithm in zip(axes, algorithms):
    clusters = algorithm.fit_predict(X_tsne)
    ax.scatter(X_tsne[:, 0],X_tsne[:, 1], c=clusters,s=60)
ax.set_title("{} : {:.2f}".format(algorithm.__class__.__name__,silhouette_score(X_tsne, clusters
)))
```

Tal como lo podemos apreciar en la Figura 31, la métrica más alta obtenida fue de 0.49 con k-Means para de dos clústeres, estos resultados nos llevan a concluir que el análisis de nuestro conjunto de datos por el aprendizaje no supervisado no es muy confiable.



**Figura 21.** Evaluación de algoritmos con métricas de Silhouette.

Debido a que los algoritmos no arrojan información tan relevante, es por esta razón que se abordó un segundo análisis desde el aprendizaje supervisado que se muestra en el siguiente apartado

## 24. Aprendizaje Supervisado

A partir del resultado obtenido y analizado en la Ley de Potencia, se dio como punto de partida (tomando la pregunta 43 como variable de salida – target) para aplicar el aprendizaje supervisado con el propósito de identificar cuáles son las variables que intervienen en el resultado de la pregunta No. 43 mediante el árbol de decisión por medio de lenguaje Python en Google Colaboratory.

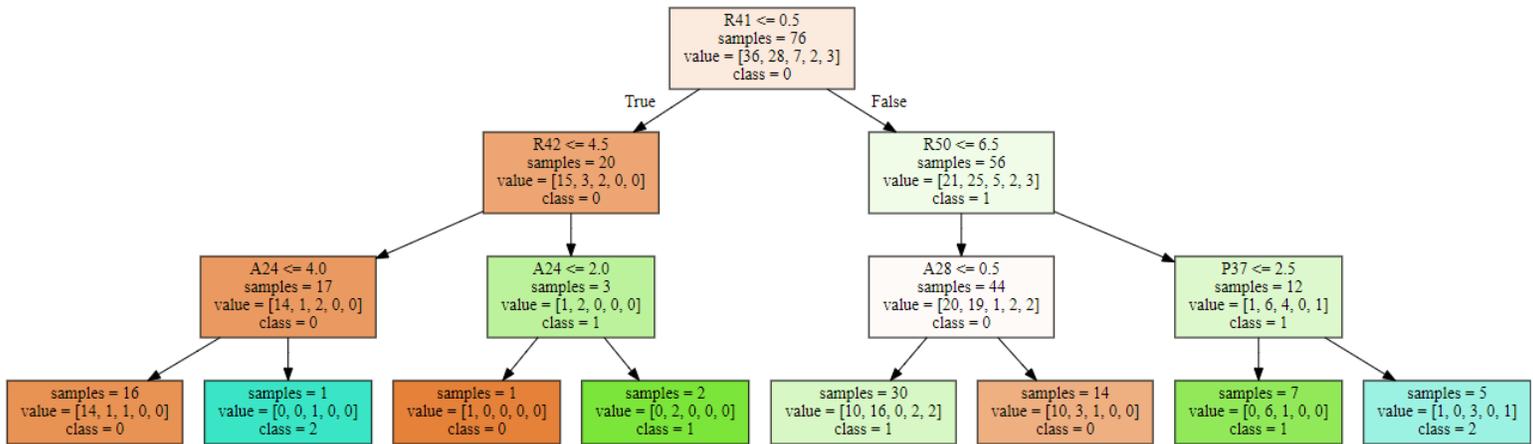


Figura 22. Árbol de Decisión. Google Collaboratory. Resultado inicial.

Recordemos que, en el árbol de decisión, cada nodo es la condición de cómo dividir el valor en una sola entidad, de modo que el valor similar de la variable dependiente esté finalmente en el mismo conjunto después de la división. La condición se basa en la impureza, en el caso del problema de clasificación, es ganancia de información / impureza de Gini (entropía). Por lo tanto, al entrenar un árbol, podemos calcular la contribución de cada característica para reducir las impurezas ponderadas. El modelo `feature_importances_` en Scikit-Learn e basa en esta lógica, pero en el caso del bosque aleatorio, estamos hablando de promediar la reducción de impurezas en el árbol. Sin embargo, presenta un enfoque sesgado, ya que tiene una tendencia a inflar la importancia de características continuas o variables categóricas de alta cardinalidad.

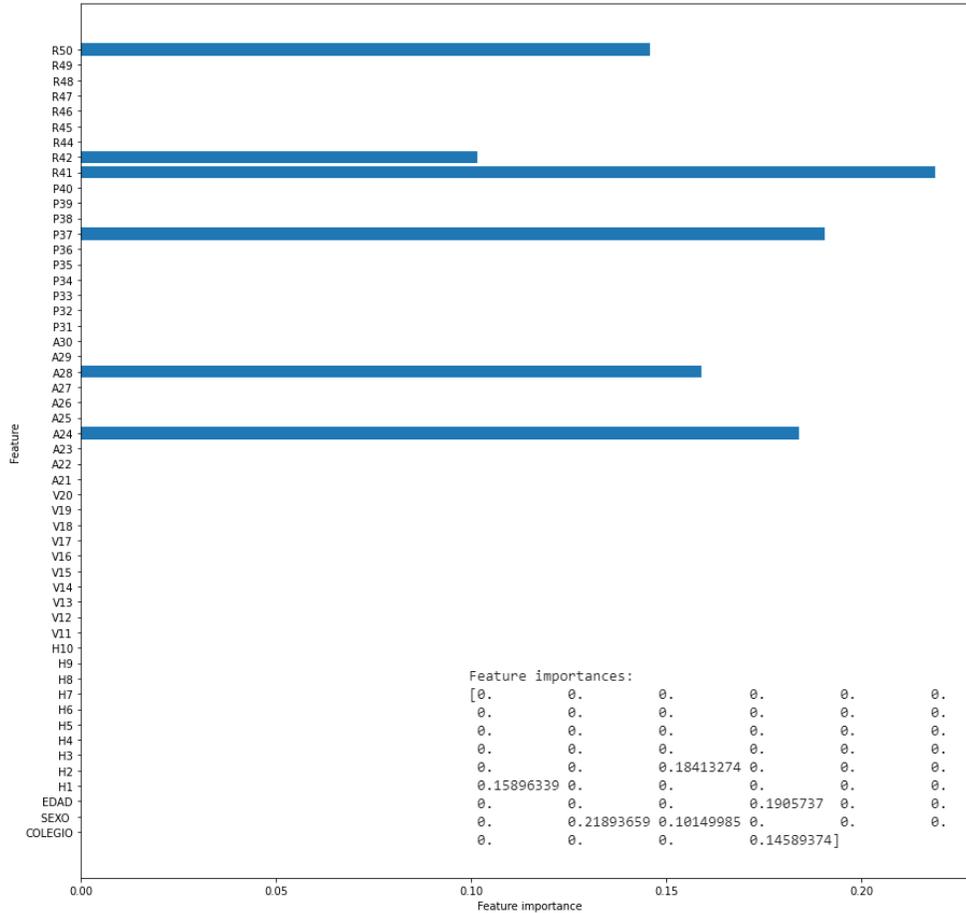
De la Figura 22, se puede deducir que las dimensiones que contribuyeron a los resultados arrojados en la pregunta 43 corresponden una relación directa a la pregunta R41, sin embargo, si

en esta dimensión el estudiante tiene una puntuación menor a 0.5 se ve influencia por las preguntas R42; en cambio, si el estudiante obtiene un puntaje mayor a 0.5 es porque las preguntas R50 influyeron en esta. Cabe mencionar que sólo el 74.51% de los datos totales cuentan con esta condición.

Sin embargo, de las siete (7) variables (R41, R42, A24, R50 y A28) sólo se tuvo en cuenta cinco (A24, R42, A28, R50 y R41) debido a que cuenta con una muestra significativa de 30 y 16 para puntajes de 0 a 1 (clase).

Después de obtener dicha clasificación, se procedió a tener las características más importantes obteniéndose el siguiente resultado, ver Figura 23, la de mayor importancia es la pregunta R41 al obtener un índice de 0.218 y la de menor importancia fue la R42 con 0.101; se aplicó el modelo **tree.feature\_importances\_** puesto que clasifica la importancia de cada característica para la decisión que toma el árbol, es decir, las variables que influyen en la variable de salida (pregunta 43, situación 22).

De este modelo se obtiene números entre 0 y 1 para cada función significando la utilidad del modelo que encontró cada característica al intentar predecir el objetivo, donde 0 significa “no se usa en absoluto” y 1 significa “predice perfectamente el objetivo”. Esto nos da la oportunidad de analizar qué contribuyó a la precisión del modelo y qué características eran solo ruido. Con esta información podemos comprobar que el modelo está funcionando como era de esperar, descartar características si creemos que no están agregando ningún valor y usarlo para formular hipótesis sobre nuevas características que podríamos diseñar para otra iteración del modelo, por consiguiente, dichas variables se tomaron en cuenta para la construcción de la Unidad Didáctica.



**Figura 23.** *Árbol de Importancia por Características. Inicial.*

De las Figuras 22 y 23, es válido mencionar que para la selección de este modelo importamos el conjunto de datos y lo dividimos en una parte de entrenamiento y una de prueba. Luego, construimos un modelo usando la configuración predeterminada de desarrollar completamente el árbol, empleando el siguiente comando:

```
tree = DecisionTreeClassifier(random_state=0)
tree.fit(X_train, y_train)
print("Accuracy on training set: {:.3f}".format(tree.score(X_train, y_train)))
print("Accuracy on test set: {:.3f}".format(tree.score(X_test, y_test)))
```

Accuracy on training set: 1.000  
Accuracy on test set: 0.423

Como era de esperarse la precisión en el conjunto de entrenamiento es del 100%; debido a que las hojas son puras, el árbol creció lo suficientemente profundo como para que pudiera memorizar perfectamente todas las etiquetas de los datos de entrenamiento. La precisión del conjunto de prueba es ligeramente peor que la de los modelos lineales que analizamos anteriormente, que tenían alrededor del 49% de precisión.

Si no restringimos la profundidad de un árbol de decisiones, el árbol puede volverse arbitrariamente profundo y complejo. Por lo tanto, los árboles sin podar son propensos a sobreajustarse y no generalizarse bien a los nuevos datos. Ahora apliquemos la poda previa al árbol, que dejará de desarrollar el árbol antes de que encaje perfectamente con los datos de entrenamiento. Una opción es dejar de construir el árbol después de que se haya alcanzado cierta profundidad. Para este problema en particular, establecemos `max_depth = 3`, lo que significa que solo se pueden hacer tres preguntas consecutivas. Limitar la profundidad del árbol disminuye el sobreajuste. Esto conduce a una menor precisión en el conjunto de entrenamiento, pero una mejora en el conjunto de prueba, como se evidencia en los siguientes códigos.

```
tree = DecisionTreeClassifier(max_depth=3, random_state=0)
tree.fit(X_train, y_train)
print("Accuracy on training set: {:.3f}".format(tree.score(X_train, y_train)))
print("Accuracy on test set: {:.3f}".format(tree.score(X_test, y_test)))
```

Accuracy on training set: 0.697  
Accuracy on test set: 0.462

Siendo así que, la visualización del árbol proporciona una gran vista en profundidad de cómo el algoritmo hace predicciones y es un buen ejemplo de un algoritmo de aprendizaje automático que se explica fácilmente a los no expertos. Sin embargo, incluso con un árbol de profundidad tres, como se ve en la Figura 22, puede volverse un poco abrumador. Un método para inspeccionar el árbol que puede ser útil es averiguar qué ruta toma realmente la mayoría de los

datos, que para este caso Clase 0 con 16 estudiantes y Clase 1 con 30. La  $n\_samples$  que se muestran en cada nodo en la Figura 22 dan el número de muestras en ese nodo, mientras que  $value$  proporciona el número de muestras por clase. Siguiendo las ramas de la derecha, vemos que los puntajes más altos a  $\leq 0.5$  crea un nodo que contiene 25 muestras en puntuación 0, 25 en puntuación 1, 5 en puntuación 2, 2 en puntuación 3 y 3 en puntuación 4.

## CAPÍTULO VII. ESTRUCTURACIÓN Y APLICACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

*“Siempre que enseñes, enseña a la vez a dudar de lo que enseñas”*  
**José Ortega y Gasset.**

En el presente capítulo presentamos la estructura de la Unidad Didáctica teniéndose en cuenta los resultados obtenidos de la prueba inicial HCTAES-Halpern, además de considerar la temática contemplada en la malla curricular del último periodo en las Instituciones Educativas de estudio, las finalidades de aprendizaje, estrategias y actividades propias al contexto que permitieran no solo potenciar las dimensiones contempladas en el HCTAES frente a la habilidad de Pensamiento Crítico sino también en el ámbito actitudinal y motivacional en los estudiantes describiendo y destacando los principales hallazgos en las actividades mostrando las evidencias del proceso que tuvieron los alumnos.

### **25. Unidad Didáctica, U.D. (construcción de la estrategia – metodología)**

Esta Unidad Didáctica se basó en el concepto de Ecosistema bajo el contexto colombiano en el marco del modelo de evidencia regido por el Ministerio de Educación Nacional (ver Tabla 10). Para esta construcción se tuvo como referente las herramientas tecnológicas -desde procesadores de texto (como Microsoft Word), presentaciones multimedia (como Microsoft Power Point), uso de plataformas como EDMODO, GOOGLE MEET (contándose con grabaciones), WHATSAPP y YOUTUBE- debido al confinamiento causada por el COVID19, a pesar de dicha situación, no causó grandes dificultades al contarse con alrededor del 100% de los participantes.

**Tabla 10.**

*Modelo de evidencia empleado para la Unidad Didáctica.*

| Desafío | Estándar   | DBA   | Evidencia  | Desempeño   |
|---------|--|---|--|---|
| 1       | Evalúo el potencial de los recursos naturales, la forma como se han utilizado en desarrollos tecnológicos y las consecuencias de la acción del ser humano sobre ellos. | Comprende la clasificación de los organismos en grupos taxonómicos, de acuerdo con el tipo de células que poseen y reconoce la diversidad de especies que constituyen nuestro planeta y las relaciones de parentesco entre ellas. | Explica la clasificación taxonómica como mecanismo que permite reconocer la biodiversidad en el planeta y las relaciones de parentesco entre los organismos. | Comprende el concepto de biodiversidad y relaciona la fauna y flora con los ecosistemas en donde se encuentran. |
| 2       |  |   | Argumenta que las acciones antrópicas afectan el equilibrio ecosistémico en el territorio colombiano.  | Reconoce los ecosistemas terrestres presentes en las regiones de Colombia.                                      |
| 3       |  |   | Identifica los elementos que caracteriza los ecosistemas intermedios colombianos.  | Señala las características de los ecosistemas intermedios y su impacto en los seres vivos.                      |
| 4       |  |   | Indaga sobre las características de las fuentes hídricas de Neiva.   | Describe y diferencia los ecosistemas acuáticos de Colombia.  |

La Unidad Didáctica denominada “Descubrir y Pensar desde nuestro Entorno” se diseñó para una duración de 4 semanas y cada semana con 5 sesiones (ver tabla 11). Además, en la tabla 10 se muestra con más detalles las actividades desarrolladas, distribuidas por sesión, al igual de mostrarse las horas empleadas; y, en cuanto a la planeación de clase se realizó mediante un formato de planificación propia, ver Anexo B 6.

**Tabla 11.**

*Temáticas y desafíos por semana a aplicar.*

| Semana | Temática   | Desafíos                           |
|--------|--|------------------------------------|
| 1      | Introducción a conceptos generales de ecosistemas y biodiversidad. | Desafío 1: Biodiversidad           |
| 2      | Ecosistemas terrestres colombianos                                 | Desafío 2: Un país privilegiado    |
| 3      | Ecosistemas intermedios colombianos                                | Desafío 3: Ecosistemas Anfibios    |
| 4      | Ecosistemas acuáticos colombianos                                  | Desafío 4: Tanta agua tiene nombre |

La dinámica empleada en el diseño de las actividades se basó principalmente en generar el espacio a los estudiantes de interactuar entre ellos mismos en donde compartieran sus puntos de vista, siendo así que nos basamos en actividades de situaciones problematizadora, observación de videos cortos con generación de diálogo, además del uso de artículos noticiosos contextualizados a nivel colombiano y promoviendo preguntas que potencializaran las dimensiones que tiene en cuenta la prueba, ver Tabla 12.

**Tabla 12.**

*Distribución de desafíos por semana.*

| Semana            | Sesiones   | ACTIVIDADES               | Horas |
|-------------------|--|---------------------------|-------|
| 1                 | Desafío 1: Biodiversidad                                 |                           | 5     |
|                   | • Levanta la mano.                                       | Presentación Power Point. |       |
|                   | • Generalidades conceptuales de ecosistema.              |                           |       |
|                   | • Biodiversidad.   |                           |       |
|                   | • Demostrando habilidades                                |                           |       |
| • Autoevaluación. |  |                           |       |
| 2                 | Desafío 2: Un país privilegiado.                         |                           | 5     |
|                   | • Bosque Tropical: video reflexivo.                      | Actívate.                 |       |
|                   | • Actívate.  |                           |       |
|                   | • Demostrando habilidades                                |                           |       |
| • Autoevaluación. |  |                           |       |
| 3                 | Desafío 3: Ecosistemas Anfibios.                         |                           | 5     |
|                   | • Salvemos nuestro humedal el Chaparro: video reflexivo. | Dialogando                |       |
|                   | • Actívate.  |                           |       |
|                   | • Dialogando   |                           |       |
| • Autoevaluación. |  |                           |       |

|   |  |   |
|---|--|---|
| 4 | <p>Desafío 4: Tanta agua tiene nombre</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrecife: video reflexivo.</li> <li>• Actívate</li> <li>• Contextualizando desde la sensibilidad visual.</li> <li>• Demostrando habilidades</li> <li>• Autoevaluación.</li> </ul> | 5 |
|---|--|---|

25.1. Semana 1. ¡Biodiversidad!

En esta primera semana al trabajarse en tres sesiones con un total de 5 horas, se fundamenta en la percepción que tiene el alumnado acerca del concepto de ecosistema y biodiversidad a través de la formulación de preguntas y situaciones problematizadoras como se muestra en la Figura 34, para luego, construir de manera grupal uno propio teniendo como referente dichas percepciones individuales junto con el concepto considerado científicamente.



Figura 24. Concepciones de los estudiantes sobre Ecosistemas y Biodiversidad.

De las percepciones individuales frente al concepto de ecosistema, se basó en el empleo de una sola palabra que les permitiera reconocer dicho concepto y al finalizar, se realizaba el concepto grupal, como se muestra en la Figura 35.

Para tí, ¿qué es ECOSISTEMA? Responde con una sola palabra.

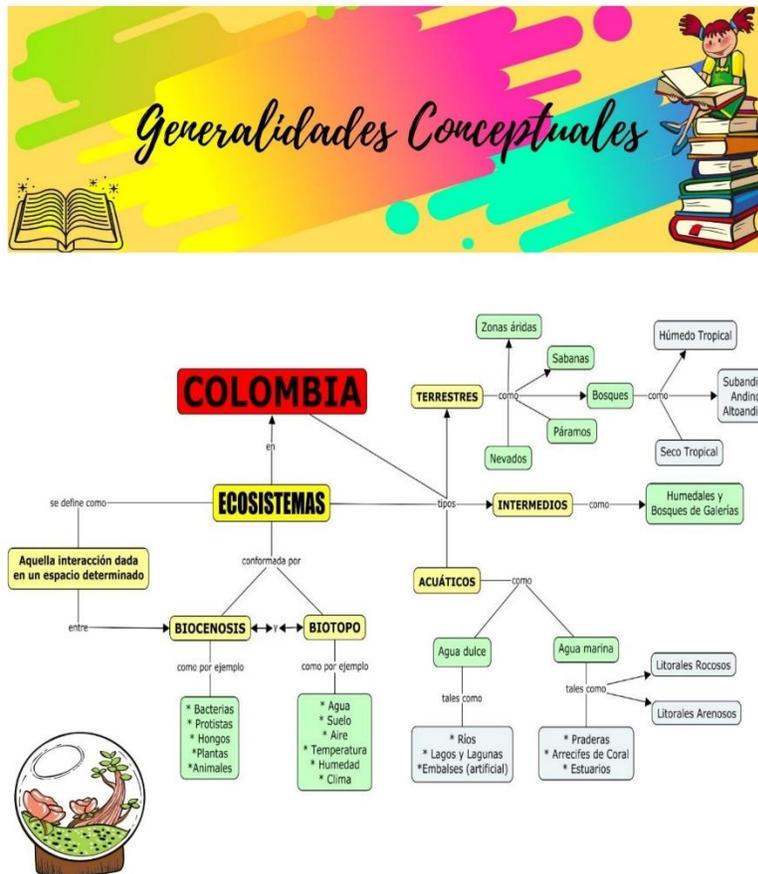
En UNA palabra cómo definirías el concepto de ECOSISTEMA



**Figura 25.** Concepto de Ecosistema en una sola palabra. Menti.

Y, a partir de la Figura 35, en el concepto grupal quedó de la siguiente manera:  
*“Se denomina ecosistema al conjunto biodiverso en la naturaleza que crea un impacto en su hábitat para poder tener vida en unión con la naturaleza donde viven distintas especies para ayudarse entre ellos mismos y con la ayuda de la Ciencia se pueda crear un buen impacto” ... “Los ecosistemas son un conjunto de naturaleza y ambiente, constituido por una gran variedad de animales; a su vez tiene una gran biodiversidad, esto lo hace algo lleno de belleza. También podemos decir que está constituido por diferentes factores como lo son el agua, tierra, etc., que ayudan a la vida y salud de los mismos animales” ... “El ecosistema es un conjunto de organismos vivos y no vivos que interactúan entre sí y con su alrededor”.*

Para contrastar dichas percepciones se les enseña el concepto científicamente aprobado mediante un esquema planteada en la misma guía, ver Figura 36, y a la vez contextualizada al territorio colombiano.



10

**Figura 26.** Concepto de Ecosistema contextualizado al territorio colombiano.

Referente a la actividad demostrando habilidades, ver Figura 37, en esta primera temática se buscó promover conocimiento de la biodiversidad en el territorio huilense desde un punto de vista científico en especial desde el campo de la paleontología aplicado al ecosistema Bosque Seco Tropical “Desierto de la Tatacoa”, y, a partir de dicho contexto se generó las preguntas



*Figura 27. Demostrando habilidades. Biodiversidad.*

25.2. Semana 2. ¡Un país privilegiado!

En esta segunda semana, se inicia con un video reflexivo sobre el Bosque Tropical

(<https://www.youtube.com/watch?v=hlOcmQxASsE&list=PLB->

[UGSqsiv9iVJE1\\_eF4eLrpfpbN6YIJ&index=6](#)) y a partir de este los estudiantes respondieron lo siguiente a las preguntas generadas, ver Figura 38.

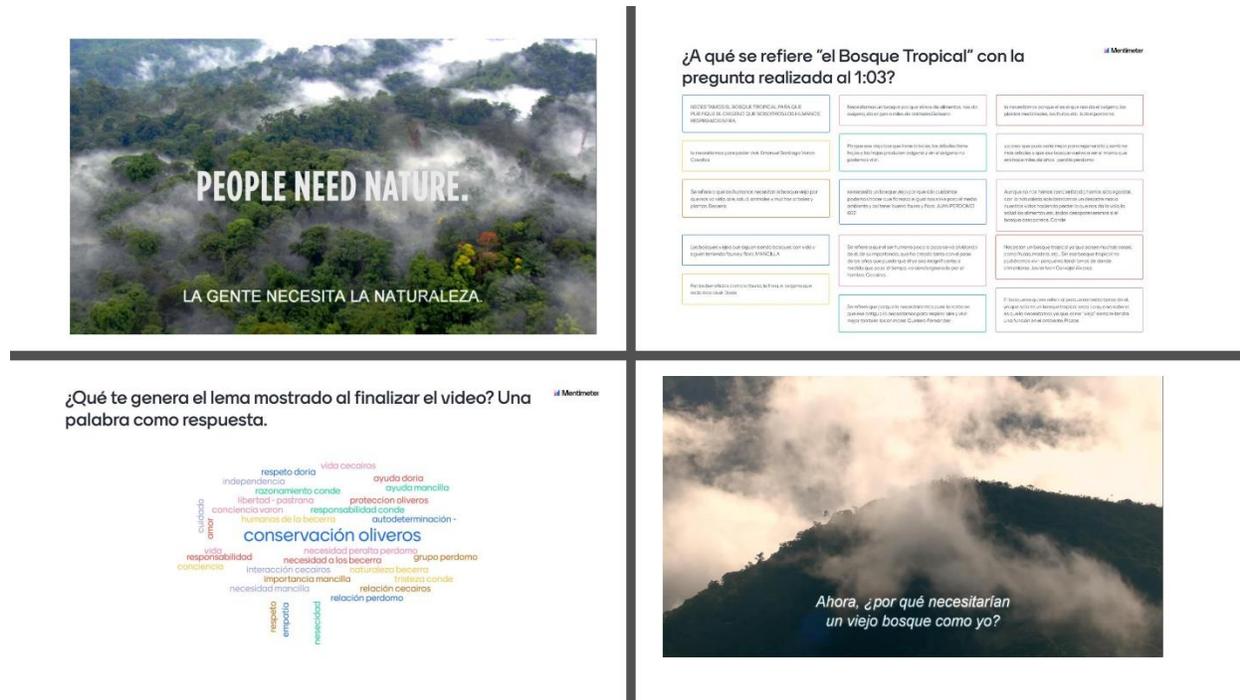


Figura 28. Video Foro. Bosque Tropical.

Estas preguntas cumplieron la función de inferir y promover en los estudiantes una conciencia de protección, además de reconocer la naturaleza del ser humano siendo esta especie una más que habita en este planeta, y con la capacidad de raciocinio que tiene debe procurar el equilibrio ecosistémico, entendiéndose esta como un estado dinámico de perfecta armonía entre los organismos y el medio ambiente (Zapata, 2005).

Prosiguiendo con las sesiones en esta semana, se procedió a generar un conocimiento más amplio frente a la biodiversidad y autenticidad que cuenta el territorio colombiano en ecosistemas terrestres y de la extinción de estos como consecuencia de la acción antrópica, ver Figura 39.

**UN PAÍS PRIVILEGIADO**

**ACTÍVATE**

Los ecosistemas terrestres de Colombia son muy variados, contamos con selvas lluviosas y secas, sabanas, bosques de clima templado, altoandinos, de niebla y páramos; además, poseemos tres lugares con mayor número de especies únicas en el mundo: parte del Amazonas, el Chocó biogeográfico y los macizos montañosos de nuestras tres cordilleras.

**DESAFIO 2**

¿Cuántas especies únicas en el planeta conoces que habitan en Colombia?

¿Cuáles crees que están en extinción?

**Gana 1 semilla**

3

Figura 29. Actívate. Ecosistemas Terrestres Colombianos.

Para cerrar esta semana, se procedió a generar un espacio de reflexión sobre los riesgos ecológicos en el Páramo de Santurbán (Figura 40), y contando con este contexto se generó las preguntas que buscaran desarrollar las habilidades, ver Figura 41.

02 DE OCTUBRE 2020 - EL TIEMPO

## EL DEBATE SOBRE RIESGOS ECOLÓGICOS EN SANTURBÁN

Anía Vs Minesa

El pasado 29 de agosto, la Sociedad Minera de Santander (Minesa), propiedad del grupo árabe Mubadala, radicó ante la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (Anía) el estudio de impacto ambiental que tendría el proyecto de explotación de oro Soto Norte, el cual pretende trabajar durante los próximos 25 años en los municipios de California y Saratá, en Santander, muy cerca del páramo de Santurbán.



Foto: Corporación

Los documentos que adjuntó la empresa -un paquete de más de 5.000 páginas con información sobre el proyecto, la caracterización del área de influencia, la zonificación de manejo ambiental, la demanda de recursos naturales de Minesa, el plan de manejo ambiental, el plan de compensación por pérdida de biodiversidad, entre muchos otros- serán evaluados durante los próximos 90 días por la Anía. El área de influencia biótica del proyecto se encuentra en la Provincia Biogeográfica Norandina, en el distrito Biogeográfico Páramo de Santandercordillera Oriental, que cuenta con 29 ecosistemas de origen natural. Allí se encontraron 7 especies de anfibios, 9 de reptiles, 126 de aves y 40 de mamíferos, según uno de los estudios.



El meollo detrás de este proyecto pasa por diferentes aspectos. Durante varios años los páramos se han convertido en el epicentro de la discordia cuando de conservación de la naturaleza y desarrollo económico se habla. A los ambientalistas y a algunos líderes políticos no les termina de calar la idea de que el país le apueste a un modelo económico que podría poner en riesgo la salud de estos ecosistemas estratégicos, que abastecen de agua al 70 por ciento de la población de Colombia.



"Todo proyecto megaminero afecta de manera drástica los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos. El bioma comprende el páramo de Santurbán así ellos desarrollen su proyecto bajo la línea que se trazó para delimitarlo. El bosque alto andino es un ecosistema que no entiende de fronteras", asegura **Oriando Beltrán**, ingeniero especialista en derecho del medioambiente y miembro del Comité para la Defensa del Agua.

Solo el documento de Evaluación de Impacto Ambiental, con 513 páginas de datos, advierte que el proyecto "alterará los ecosistemas, cambiará la cobertura boscosa y por ende se alterará el funcionamiento y dinamismo de las poblaciones de fauna silvestre, algunas comunidades y ciertas especies con alto grado de conservación".

"Igualmente, el tráfico de la maquinaria requerida para la construcción de la mina puede generar aumentos en la escorrentía de aceites y combustibles a los cuerpos de agua; las excavaciones subterráneas y voladuras generan vibraciones que se transmiten fácilmente por el medio acústico generando cambios en el comportamiento de peces e invertebrados; el establecimiento de nuevos campamentos implica un aumento en la demanda del recurso hídrico, además de generar vertimientos de tipo doméstico (aguas negras y grises), y la construcción de obras civiles genera escorrentía de desechos de construcción como cemento, arena y polvillo que afectan la transparencia de algunos cuerpos de agua", continúa más adelante el informe.



Sin embargo, en entrevista con EL TIEMPO, el director de sostenibilidad de Minesa, Juan Camilo Montoya, asegura que tienen una red de monitoreo que les ayudará a medir la calidad del agua en 56 puntos diferentes para conocer y estimar cuánto agua subterránea se puede infiltrar a la mina durante el proceso y cuánto agua tendrá que ser tratada para devolverla en óptimas condiciones a los ríos.

"Nosotros tenemos todo el soporte técnico para decirle a la región que no habrá ninguna afectación en el suministro de agua de Bucaramanga y que esas fuentes hídricas que están dentro de la zona de influencia del proyecto van a ser monitoreadas y van a recuperar sus caudales después de nuestro proyecto minero. Tenemos 53 programas de gestión para tratar los posibles impactos ambientales", dice **Juan Camilo Montoya**.

Porque, me imagino, los ambientalistas se oponen es a la minería mal hecha, tanto pequeña como a gran escala, y no a la que se hace con la última tecnología, como está". Según Montoya, hasta el momento, han reforestado con más de 88.000 árboles nativos, retirado 360 toneladas de arenas contaminadas que estaban en la quebrada La Raja, desmantelando plantas de minería antigua y algunos bocaninas que dañaban el ecosistema; y a largo plazo, esperan generar más de 1.000 empleos directos y 4.000 indirectos. Aunque el alcalde de Bucaramanga, Rodolfo Hernández, se ha opuesto públicamente al proyecto de Minesa y convocó a la ciudadanía a mostrar su descontento en las calles el próximo 6 de octubre, los alcaldes del área de influencia sí se montaron al bus de la explotación de oro "bien hecha".

Tomado y Adaptado de El Tiempo

Figura 30. Antesala a Demostrando Habilidades.

**DEMOSTRANDO HABILIDADES**

TÚ PUEDES

¿CUÁNTO PUEDES LOGRAR?  
¡QUEREMOS VERLO!

¿Cuáles serían los impactos de las prácticas mineras en los páramos? Sin importar los métodos empleados.

Genera una pregunta para el director de Minesa sobre el posible tratamiento de aguas residuales.

¿Cuál es tu posición frente a los argumentos de las partes en el proyecto de Santurbán? Razona

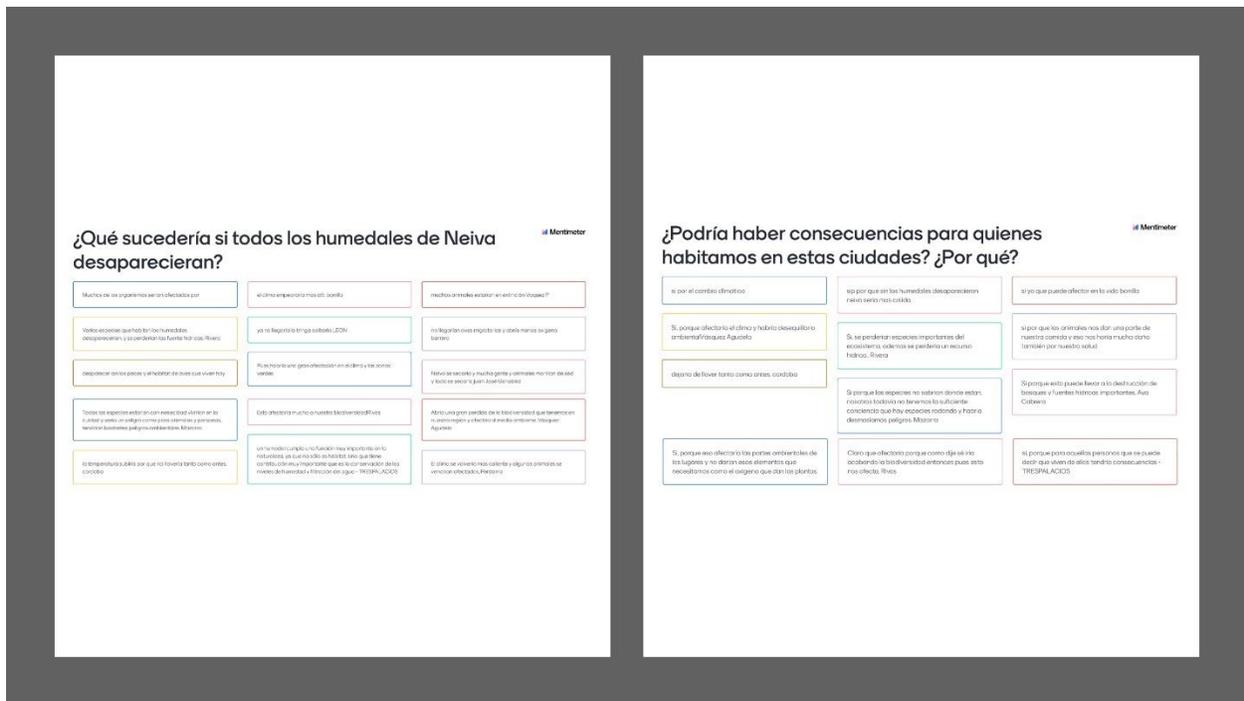
Si se hubiese aprobado el proyecto de megaminería subterránea en el páramo de Santurbán, ¿Cuál crees que habría sido el MAYOR impacto ambiental?

Si fueras el director del proyecto ¿Cómo responderías a los argumentos presentados por la oposición?

Figura 31. Demostrando habilidades: Un País Privilegiado.

### 25.3. Semana 3. ¡Ecosistemas Anfibios!

En esta semana, nos enfocamos en reconocer los ecosistemas intermedios o más conocidos como “Anfibios”, procurándose tener una semana de dialogo reconociendo lo que el estudiante piensa sobre la situación de los humedales en Neiva mediante Google Earth inspeccionando el comportamiento a través del tiempo que ha tenido cada uno. Seguido de ello, se les planteó responder unas preguntas como se muestra en la Figura 42.



**Figura 32.** Video Foro. ¡Salvemos al Humedal el Chaparro!

De los resultados obtenidos en la interacción entre la visualización del cambio de los Humedales de Neiva a través del tiempo mediante Google Earth junto con los videos promocionales de ¡Salvemos al Humedal el Chaparro! De la profesora Leila Rincón, se puede decir que los estudiantes identifican que la acción antrópica sobre estos ecosistemas afecta no sólo a la biodiversidad sino también al mismo ser humano.

Además, se planteó una situación problematizadora que fortaleciera no sólo las habilidades de verbales y argumentativas sino también la concientización de la importancia de estos ecosistemas y la acción del ser humano, ver Figura 43.



Figura 33. Actívate. Ecosistemas Intermedios.

#### 25.4. Semana 4. ¡Tanta agua tiene nombre!

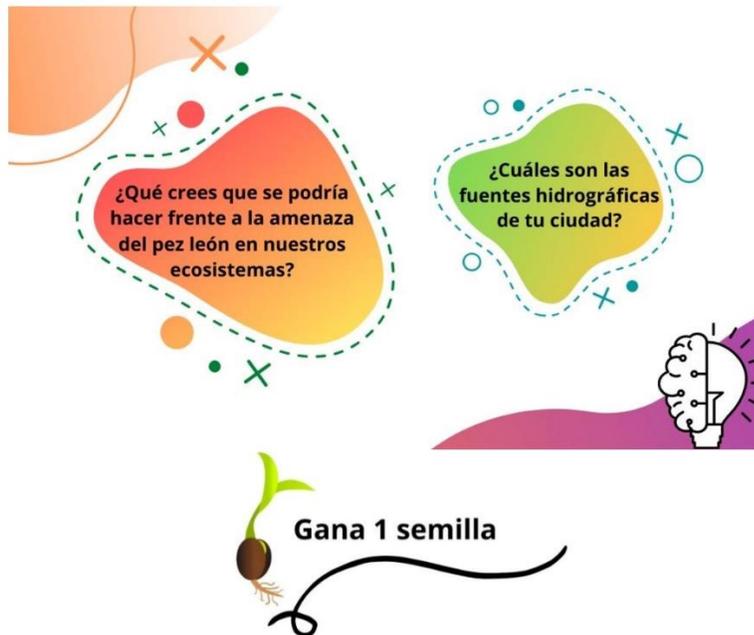
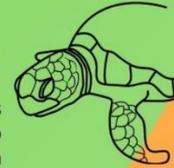
En esta última semana, se enfocó sobre la biodiversidad en ecosistemas acuáticos colombianos. Iniciando con una situación problematizadora en lo que respecta a la inmersión de especies no propias de un ecosistema causando problemas ecosistémicos, además de reconocer las principales fuentes hídricas con las que cuenta el municipio de Neiva (ver Figura 44).



**¡Tanta agua  
tiene nombre!**

## ACTÍVATE

El pez león es una especie cuyo hábitat natural son las lagunas costeras, y los arrecifes del océano Índico tropical y el Pacífico occidental. Sin embargo, fue introducido en nuestro país y ha causado alteraciones en los ecosistemas, pues pone más de 2000000 de huevos al año, no tiene depredador natural en nuestro país y se alimenta de peces nativos que habitan en los arrecifes de coral.

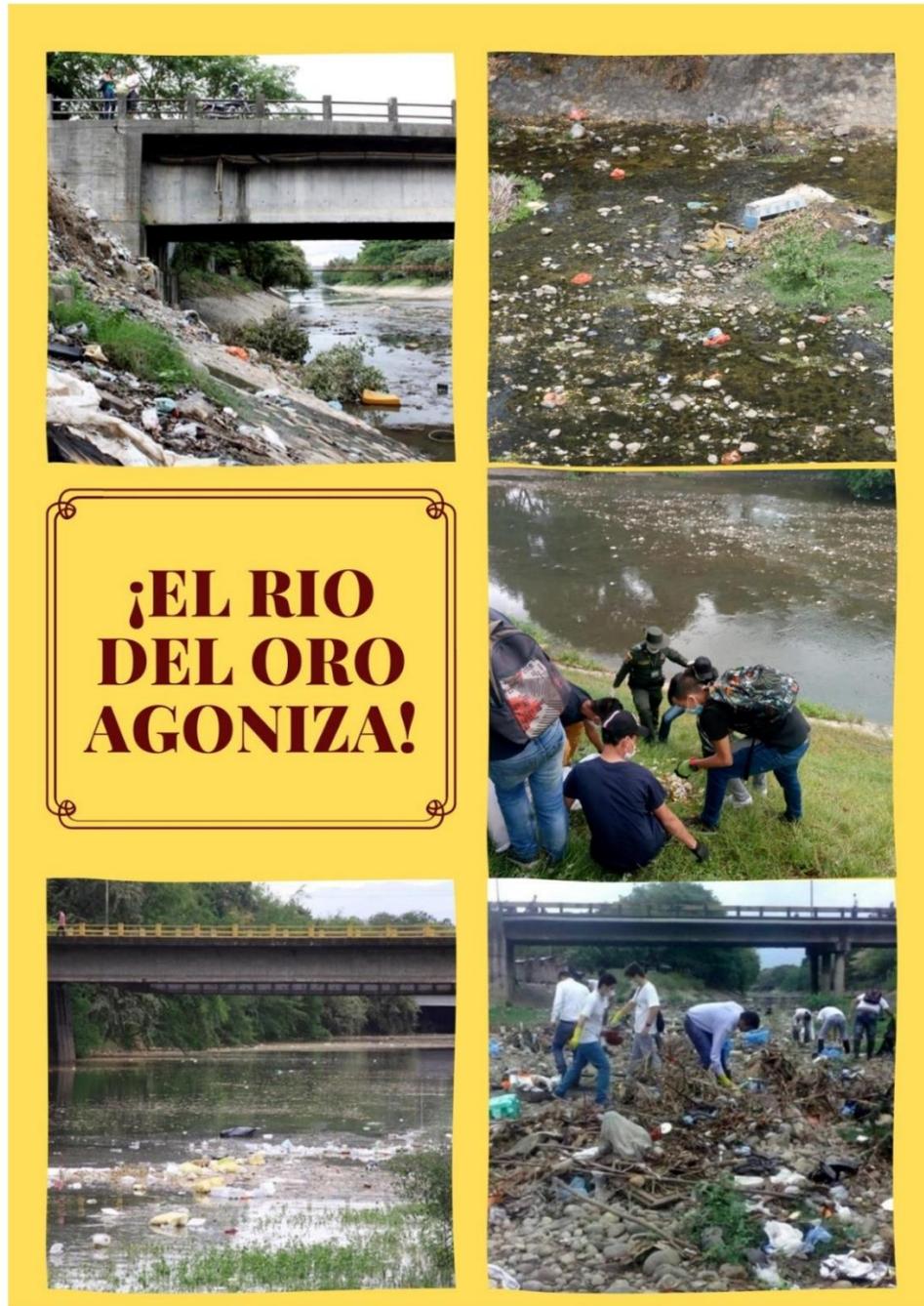


3

**Figura 34.** *Actívate. Ecosistemas Acuáticos Colombianos.*

Seguido de esa actividad, se procedió a visualizar un video corto denominado Rubén Blades es el Arrecife de Coral (<https://www.youtube.com/watch?v=080z0cmsSms>), además de mostrar una serie de imágenes sobre del Río del Oro actuales (ver Figura 45)

# CONTEXTUALIZANDO...



**Figura 35.** Contextualizando. *¿El Río del Oro Agoniza!*

A partir de dichas actividades se plantearon preguntas las cuales se mostrarán en la Figura

46.



**Figura 36.** Desarrollando Habilidades. Ecosistemas Acuáticos Colombianos.

### 25.5. Evaluación de Actividades

El proceso de evaluación no lineal y flexible, entendiéndose esta como no categorizar a los estudiantes y a la vez teniendo en cuenta los ritmos y estilos de aprendizaje, adaptándose al contexto, hace que los procesos académicos y actitudinales del estudiante cambie donde el centro del proceso de aprendizaje son ellos mismo, por tanto, a pesar de evaluarse la responsabilidad y

participación en la misma, los estudiantes debieron completar unas preguntas respecto a lo visto en la semana, como se puede visualizar en la Figura 47.



**Figura 37. Evaluación de Actividades.**

## 26. Motivación en el Aula

Retomando lo planteado por Aguilar (2000) y Martínez (2012) la curiosidad y el «aprendizaje innovador» son ambientes propicios para promover la habilidad de pensamiento crítico debido a que no sólo flexibiliza el currículo y la participación integral del estudiante, sino que también ocasiona la motivación mediante la implicación directa del estudiante puesto en el centro del proceso de aprendizaje. Siendo así que, antes de aplicar dicha unidad se les dio a conocer las reglas del juego, ver Figura 48.



*Figura 38. Reglas de juego.*

La motivación se basó principalmente en la obtención de un premio dependiendo de la participación, responsabilidad y resultados en la prueba HCTAES, en donde se entregó en tres categorías:

- Categoría 1. Ser buenos recolectores de semillas. Esta categoría se basó principalmente en la entrega oportuna de las actividades y la respectiva participación, y, al finalizar la clase se les comunicaba quienes obtuvieron dicha semilla.
- Categoría 2. Puntuación a nivel de Colegio. Esta categoría consistió en la diferencia absoluta de los resultados inicial y final en la prueba entre los mismos estudiantes de cada Institución.
- Categoría 3. Puntuación entre los Colegios. Esta categoría consistió en la diferencia absoluta de los resultados inicial y final en la prueba entre todos los estudiantes que participaron en la investigación.

Para la recolección de semillas, los estudiantes debían ir coleccionando dichas semillas en unas casillas, ver Figura 49, además de llevarse el registro en una hoja de cálculo de Excel, ver Figura 50.



Figura 39. Recolección de semillas.

| No. | Estudiante                      | ENTREGA |   |   |   |   | SEMILLAS |   |   |   |   |   |   |   | SUMA |   |   |
|-----|---------------------------------|---------|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|------|---|---|
|     |                                 | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |      |   |   |
| 1   | Ana Sofía Becerra Figueroa      | 1       | 1 | 1 | 1 | 1 | 1        | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1    | 1 | 8 |
| 2   | Andrés Quintero Fernández       | 1       | 1 | 1 | 1 | 1 | 1        |   | 1 |   | 1 |   |   |   |      |   | 3 |
| 3   | Angel Yulliam Moreno Palomo     | 1       | 1 | 1 | 1 | 1 | 1        | 1 | 1 | 1 | 1 |   |   |   |      |   | 5 |
| 4   | Carlos Hernando Tovar Hernández | 1       | 1 | 1 | 1 | 1 | 1        |   |   |   |   | 1 | 1 | 1 |      |   | 4 |
| 5   | Dana Sofía Medina Méndez        | 1       | 1 | 1 | 1 | 1 |          |   |   |   |   | 1 | 1 | 1 |      |   | 3 |
| 6   | Daniel Felipe Bermudez Ochoa    | 1       | 1 | 1 | 1 | 1 |          |   |   |   |   |   |   |   |      | 1 | 1 |
| 7   | Diego Andrés Mancilla Esteban   | 1       | 1 | 1 | 1 | 1 | 1        |   | 1 | 1 |   |   |   |   |      |   | 3 |
| 8   | Dorian Samuel Puentes Plazas    | 1       | 1 | 1 | 1 | 1 | 1        | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1    | 1 | 8 |
| 9   | Emanuel Píñeres Morales         | 1       | 1 |   |   |   | 1        | 1 | 1 | 1 |   |   |   |   |      |   | 4 |
| 10  | Emanuel Polo Velásquez          |         |   |   |   |   | 1        |   |   |   |   |   |   |   |      |   | 1 |
| 11  | Emanuel Santiago Varon Casallas | 1       | 1 | 1 | 1 | 1 | 1        | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1    | 1 | 8 |

Figura 40. Base control de participación y entrega de responsabilidades.

Para la obtención de los mejores puntajes en las categorías 2 y 3 se tuvo en cuenta la puntuación presente en la prueba HCTAES además de tener en cuenta la diferencia absoluta, ver Figura 51.

| Código | Nombre  | INICIAL | FINAL | RESULTADO |
|--------|---|---------|-------|-----------|
| E1     | Karen Rivera Losada                           | 43      | 89    | 66        |
| E2     | Jhon Jairo Sánchez Salazar                    | 74      | 102   | 88        |
| E3     | Anna Maria Peña Henao                         | 78      | 118   | 98        |
| E4     | Isabella Sánchez Nova                         | 67      | 111   | 89        |
| E5     | Isabella Zulfiga Guza                         | 60      | 104   | 82        |
| E6     | Isabel Sofía Peña Garcia                      | 98      | 141   | 119.5     |
| E7     | Jhoscar Andres Parra Ramirez                  | 66      | 94    | 80        |
| E8     | Juan Diego Zambrano Ocampo                    | 43      | 93    | 68        |
| E9     | Isabella Romero Cantillo                      | 100     | 105   | 102.5     |
| E10    | Adriana Sofia Amézquita Bobano                | 73      | 109   | 91        |
| E11    | Loren Sofia Maltz Cruz                        | 80      | 106   | 93        |
| E12    | Jeannara Ramos Ortega                         | 79      | 120   | 99.5      |
| E13    | Maria Juliana Rodríguez Bonilla               | 96      | 124   | 110       |
| E14    | Jhojan Farney Carvajal Nino                   | 46      | 90    | 68        |
| E15    | Juan Jose Losada Abadere                      | 89      | 122   | 106.5     |
| E16    | Shara Sofia Guzmán Murcia                     | 104     | 118   | 111       |
| E17    | Ana Sofía González Trujillo                   | 106     | 116   | 111       |
| E18    | Jean Daniel Correa Camargo                    | 64      | 98    | 81        |
| E19    | Samuel Escobar Castellano Diaz                | 62      | 105   | 83.5      |
| E20    | Nicanor Longas Mandivato                      | 75      | 97    | 86        |
| E21    | Valeria Pasouas Daza                          | 90      | 102   | 96        |
| E22    | Camila Walther Nieto                          | 42      | 81    | 61.5      |
| E23    | Nicola Manuela Ruiz Figueroa                  | 72      | 86    | 83.5      |
| E24    | Emanuel Contreras Bustos                      | 79      | 100   | 89.5      |
| E25    | Isabella Rincon Piedrahíta                    | 75      | 110   | 92.5      |
| E26    | Diana Yesenia Quintero Ros                    | 52      | 67    | 59.5      |
| E27    | Julian Jairo Cuervo Pizaro                    | 63      | 102   | 82.5      |
| E28    | Juan Manuel García Gallego                    | 54      | 97    | 75.5      |
| E29    | Julian Andres Salazar Vargas                  | 59      | 107   | 83        |
| E30    | Valerie Melissa Gómez                         | 48      | 79    | 63.5      |
| E31    | Diana Sofia Guzmán Puentes                    | 80      | 110   | 95        |
| E32    | Michol Dayana Cadena Cleves                   | 101     | 124   | 112.5     |
| E33    | Juan José Puentes Potania                     | 51      | 98    | 74.5      |
| E34    | Diana Isabella Iovanna Rios                   | 50      | 93    | 71.5      |
| E35    | Rafael Fernando Diaz Lopez                    | 89      | 114   | 100       |
| E36    | Gabriel Correa Cepedazo                       | 45      | 60    | 52.5      |
| E37    | Juan José Potania Méndez                      | 58      | 97    | 77.5      |
| E38    | David Julian Rivera Argueta                   | 86      | 110   | 98        |
| E39    | Mariana Correa Sánchez                        | 81      | 116   | 98.5      |
| E40    | Samuel Rubiano Rivera                         | 95      | 120   | 107.5     |
| E41    | Isabella Guzmán Ramos                         | 68      | 89    | 78.5      |
| E42    | Katalina Camacho Araujo                       | 95      | 126   | 110.5     |
| E43    | Mariana Medina Guzmán                         | 90      | 95    | 92.5      |
| E44    | Kathy Yazmin Castillo Perdomo                 | 81      | 110   | 95.5      |
| E45    | David Santiago Diaz Yafur                     | 90      | 123   | 106.5     |
| E46    | Steffany Andrea Garcia Mota                   | 99      | 120   | 109.5     |
| E47    | Luz Angelica Millan Rico                      | 79      | 97    | 88        |
| E48    | Juan Pablo Vargas Sánchez                     | 67      | 104   | 85.5      |
| E49    | Diana Sofia Delgado Chalaro                   | 87      | 126   | 106.5     |
| E50    | Valentina Anaconda Trujillo                   | 83      | 111   | 97        |
| E51    | Jenny Salome Manrique Hoyos                   | 66      | 97    | 81.5      |
| E52    | Samuel Sofia Pérez Aiza                       | 82      | 115   | 98.5      |
| E53    | Johan Fabrizio Adrida Castaña                 | 61      | 91    | 76        |
| E54    | Yani Sofia Cabrera                            | 74      | 102   | 89        |
| E55    | Nicole Samara Tovar Gomez                     | 75      | 103   | 89        |
| E56    | Mariangel Morales Vilegas                     | 63      | 107   | 85        |
| E57    | Jose Angel Gámez Toledo                       | 95      | 117   | 106       |
| E58    | Maria Sofia Conde Gallego                     | 118     | 139   | 126.5     |
| E59    | Juanuel bautista montalegre                   | 58      | 99    | 78.5      |
| E60    | Javier Ivan Carvajal Alvarez                  | 95      | 98    | 96.5      |
| E61    | Samuel Olivero Quintero                       | 88      | 116   | 102       |
| E62    | Isabel Sofia Pastreña                         | 81      | 90    | 85.5      |
| E63    | Emanuel Santiago Varon Casallas               | 107     | 133   | 120       |
| E64    | Samuel Doris Chaux                            | 100     | 101   | 100.5     |
| E65    | Julian David Cordero Alarcon                  | 47      | 83    | 65        |
| E66    | Emmanuel Martínez Granja                      | 78      | 103   | 90.5      |
| E67    | Emanuel Píñeres Morales                       | 66      | 75    | 70.5      |
| E68    | Isabella Buriticá Candela                     | 101     | 110   | 105.5     |
| E69    | Nicolás Diaz Espalza                          | 79      | 102   | 90.5      |
| E70    | Dana Sofia Medina Méndez                      | 80      | 106   | 93        |
| E71    | Mariana Pérez Moreno                          | 123     | 142   | 132.5     |
| E72    | Sarah Sofia Ramirez Rivera                    | 102     | 120   | 111       |
| E73    | Carla Hernandez Tovar                         | 45      | 85    | 65        |
| E74    | Ana Sofia Becerra Figueroa                    | 74      | 96    | 85        |
| E75    | Juan José Losada Robayo                       | 47      | 77    | 62        |
| E76    | Andrés Quintero Fernández                     | 101     | 121   | 111       |
| E77    | Santiago Chavez Torres                        | 91      | 96    | 93.5      |
| E78    | Sergio Andres Mora Gordo                      | 80      | 109   | 94.5      |
| E79    | Angel Yulliam Moreno Palomo                   | 71      | 108   | 89.5      |
| E80    | Juan Felipe Pinto Bonilla                     | 98      | 121   | 109.5     |
| E81    | Hazy Tatiana Rosa Muñoz                       | 67      | 99    | 83        |
| E82    | Daniel Felipe Bermudez Ochoa                  | 43      | 59    | 51        |
| E83    | Isabella Cecilia Rivera                       | 120     | 132   | 126       |
| E84    | Diego Andrés Mancilla Esteban                 | 117     | 129   | 123       |
| E85    | Juan Sebastián Mora Trujillo                  | 95      | 119   | 107       |
| E86    | Juan Esteban Perdomo Solache                  | 85      | 112   | 98.5      |
| E87    | Thomas Enrique Astudillo                      | 44      | 100   | 72        |
| E88    | Laura Valentina Aya Cabrera                   | 95      | 112   | 103.5     |
| E89    | Juan Diego Bermea Rodríguez                   | 73      | 86    | 79.5      |
| E90    | Santiago Córdoba Ramirez                      | 83      | 110   | 96.5      |
| E91    | Santiago González Esquivel                    | 76      | 122   | 99        |
| E92    | Juan José León Murcia                         | 38      | 95    | 66.5      |
| E93    | Juan José María Muñoz Roldán Alejandro Mazona | 66      | 67    | 66.5      |
| E94    | Perdomo                                       | 106     | 121   | 113.5     |
| E95    | Nicol Mariana Perdomo Barrios                 | 105     | 119   | 112       |
| E96    | Emanuel Polo Velásquez                        | 41      | 89    | 65        |
| E97    | Dorian Samuel Puentes Plazas                  | 107     | 125   | 116       |
| E98    | Valentina Rivas Zapata                        | 92      | 108   | 100       |
| E99    | Samuel Rivera Córdova                         | 82      | 108   | 95.5      |
| E100   | Sergio Alejandro Yamayo Sánchez               | 38      | 99    | 68.5      |
| E101   | Valeria Vasquez Aguado                        | 110     | 126   | 118       |
| E102   | Isabella Vasquez Pérez                        | 47      | 111   | 79        |

Figura 41. Puntaje global prueba HCTAES - Halpern.

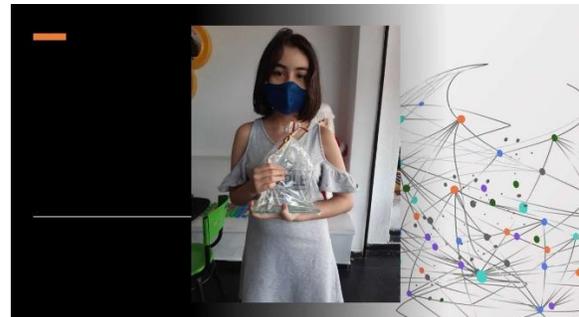
A continuación, se mostrará a los ganadores de las categorías 1, 2 y 3, ver Figura 52, 53 y 54 respectivamente.



**Figura 42.** Ganadores de la categoría 1. Buenos recolectores de semillas.



**Figura 43.** Ganadora categoría 2. Puntaje alto del Colegio Claretiano.



**Figura 44.** Ganadora categoría 3. Puntaje alto entre los dos Colegios.

## CAPÍTULO VIII. EVALUACIÓN DE EFICACIA DE LA UNIDAD DIDÁCTICA MEDIADA POR TÉCNICA DEL *MACHINE LEARNING*

Recapitulando lo obtenido tanto en el capítulo V y VI, en este se muestra el proceso que se realizó para evaluar la estructura de la estrategia didáctica, en este caso la U.D. denominada “Descubrir y Pensar desde Nuestro Entorno”. Iniciando, se compara los resultados obtenidos de la prueba HCTAES desde dos enfoques, el estadístico descriptivo y desde el lenguaje de aprendizaje supervisado. Y, por último, se muestra el método empleado para relacionar los resultados de la encuesta socioeconómica y cultural con los de la prueba HCTAES.

### 27. Comparativa Prueba HCTAES

Como se había mencionado previamente en este capítulo, iniciaremos la comparación de los resultados obtenidos desde un enfoque descriptivo, para luego, hacer la comparativa mediante el uso de algoritmos de aprendizaje supervisado.

#### 27.1. Comparación Descriptiva

Para esta comparación se emplearon histogramas desde Google Colaboratory y partiendo de las bases de datos que fue llamada, se procedió a depurar para contar con las variables a estudiar, quedando de la siguiente manera:

```
df = pd.read_excel("HCTAES inicial.xlsx")
del(df['COLEGIO'])
del(df['SEXO'])
del(df['EDAD'])
del(df['CÓDIGO'])
de = pd.read_excel('HCTAES final.xlsx')
```

```

del(de['Código'])
del(de['COLEGIO'])
del(de['EDAD'])
fig, axes = plt.subplots(5, 10, figsize= (20, 20))
ax = axes.ravel()
for i in range(50):
    #_, bins = plt.hist(df.iloc[:, i], bins=10)
ax[i].hist(df.iloc[:, i], bins='auto', density=True, color='b', alpha=.5, rwidth=.85, align = 'mid')
ax[i].hist(de.iloc[:,i], bins='auto', density=True, color = 'r', alpha=.5, rwidth=.85, align = 'mid')
ax[i].set_title(df.columns[i])
ax[i].set_yticks(())
ax[0].set_xlabel("Range")
ax[0].set_ylabel("Frequency")
ax[0].legend(["before", "after"], loc="best")
plt.tight_layout()

```

De dicha depuración y limpieza de los datos, se obtuvo los siguientes resultados, como se muestra en la Gráfica 45.

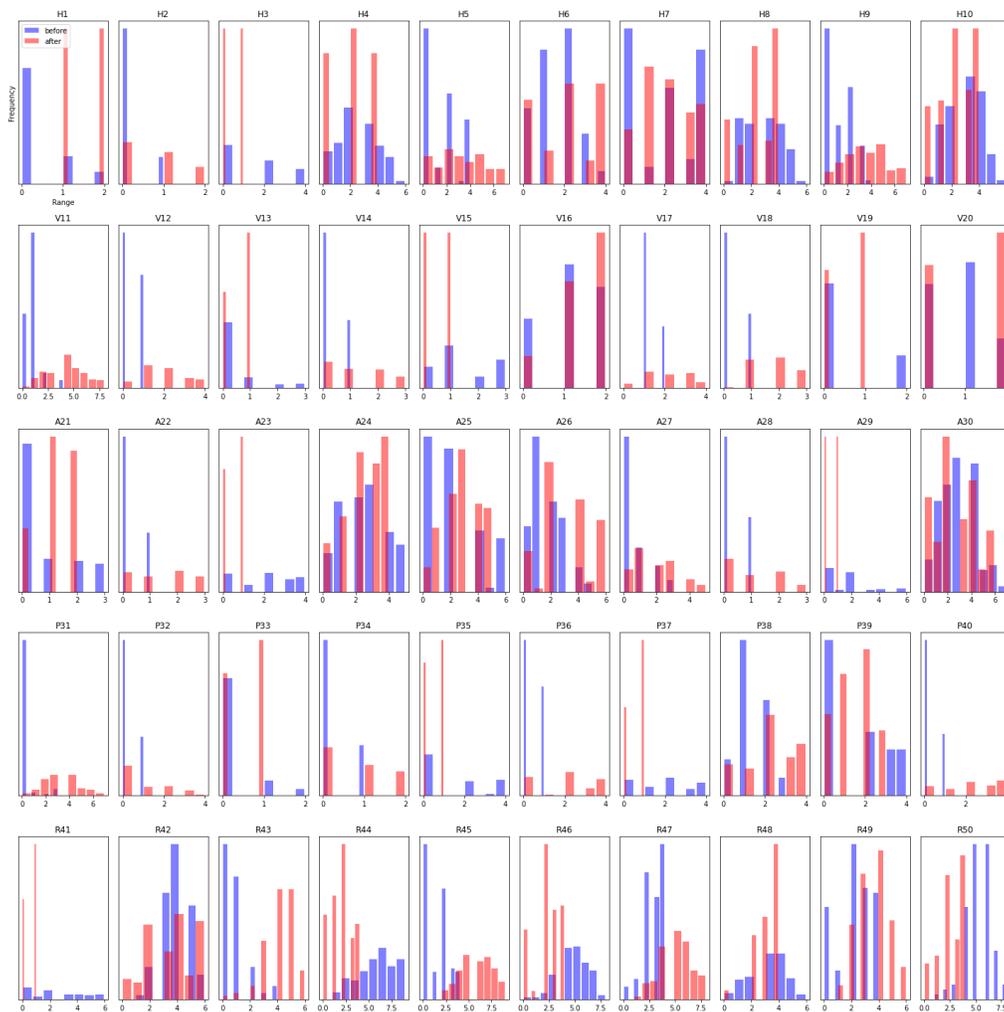
Desde una perspectiva general podemos evidenciar que la estrategia didáctica ejecutada promovió el desarrollo de las habilidades evaluadas en la prueba estandarizada HCTAES. Para el caso puntual de cada dimensión tenemos que;

- 1) En la Comprobación de Hipótesis, de las cinco situaciones que muestran un progreso significativo fueron 1, 3 y 4 debido a que se obtuvieron puntuaciones altas disminuyendo la frecuencia en puntuación cero, entendiéndose por situación al par de pregunta consecutiva (abierta y cerrada). Lo anterior, indica que la estrategia permitió favorecer en los estudiantes la comprensión entre correlación y causa-efecto, el reconocimiento de la necesidad de una encuesta antes y después de una campaña publicitaria, y, la necesidad de concebir de manera consciente una información objetiva. Sin embargo, para las situaciones 2 y 5 al no evidenciarse un cambio significativo en la puntuación no quiere decir que no se haya cumplido los objetivos (ver Anexo B 5), a excepción de la pregunta 9 cuyo histograma nos



- muestra una distribución frecuencial logrando ampliar el rango de puntuación obtenida en comparación del resultado inicial.
- 2) Para el Razonamiento Verbal encontramos que en las preguntas cerradas (pares) los estudiantes al contar con opciones de respuestas nos permiten inferir que dicha facilita la mejoría de ellas, sin embargo, en las preguntas abiertas (impares) surge la necesidad de demostrar la habilidad escrita como requisito para expresar y dar a entender su postura, lo que refleja que la estrategia didáctica proporcionó las herramientas que permitieron en los estudiantes el fortalecimiento en esta habilidad.
  - 3) En la dimensión Análisis de Argumento se evidencia que, a pesar de evidenciarse gráficas robustas, en las situaciones 13 y 14 la población tendió a puntuaciones altas en el resultado final, permitiendo establecer que los estudiantes generan una declaración de argumento que contiene una razón, una conclusión y un contraargumento, además, logran identificar una falacia de pendiente resbaladiza.
  - 4) Para la Probabilidad e Incertidumbre el análisis se realiza frente a la superación de las puntuaciones bajas en cada pregunta donde encontramos un cambio perceptible en la 31, 32, 34, 36, 38 y 40. Por una parte, con las primeras, al pertenecer a la misma situación, se cumplió parcialmente el objetivo de comprender de probabilidad de que ocurra un evento; y, por otra parte, las cinco preguntas cerradas correspondientes a esta dimensión logran superar en gran medida las puntuaciones bajas en el resultado final debido a que estas cuentan con una estructura de múltiples opciones de respuesta facilitando en el estudiante un acercamiento a la respuesta correctamente válida por los parámetros de la prueba.
  - 5) La dimensión Resolución de Problemas y Toma de Decisión cuenta con una variedad de resultados, por consiguiente, el análisis se desarrolla por cada situación. En la situación 21,

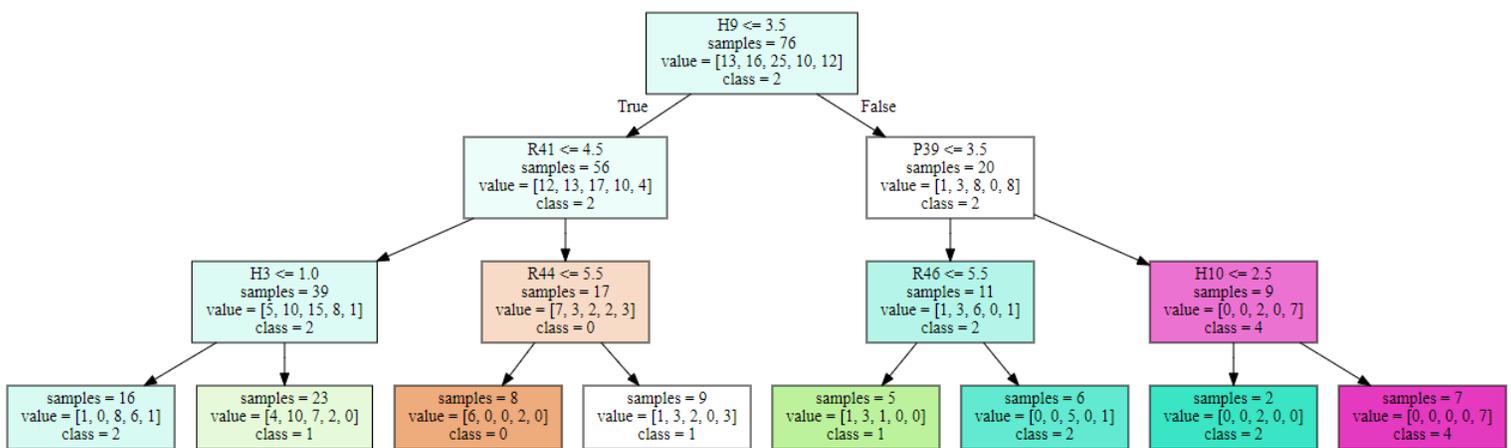
se tiene el contraste de la estructura de la pregunta abierta y cerrada, es decir, en el primer tipo de pregunta el estudiante debe comprender la intencionalidad de esta y a la vez de vivenciar el contexto, en este caso “” lo que conlleva a que el estudiante no cuente con un juicio suficientemente sólido para dar solución al conflicto, sin embargo, en el segundo tipo de pregunta el estudiante al contar con diferentes opciones tiende a proporcionar algunas ideas para la solución de esta. Ahora bien, para las situaciones 22, 23, 24 y 25 se cuenta con un comportamiento contrario a todas las demás situaciones, deduciéndose así que la estrategia promovió la expresión escrita para resolver problemas y tomar decisiones frente a diversos contextos.



**Gráfica 45. Comparación Resultados Prueba HCTAES. Azul (antes). Rojo (después).**

## 27.2. Comparación Aprendizaje Supervisado: Árbol de Decisión

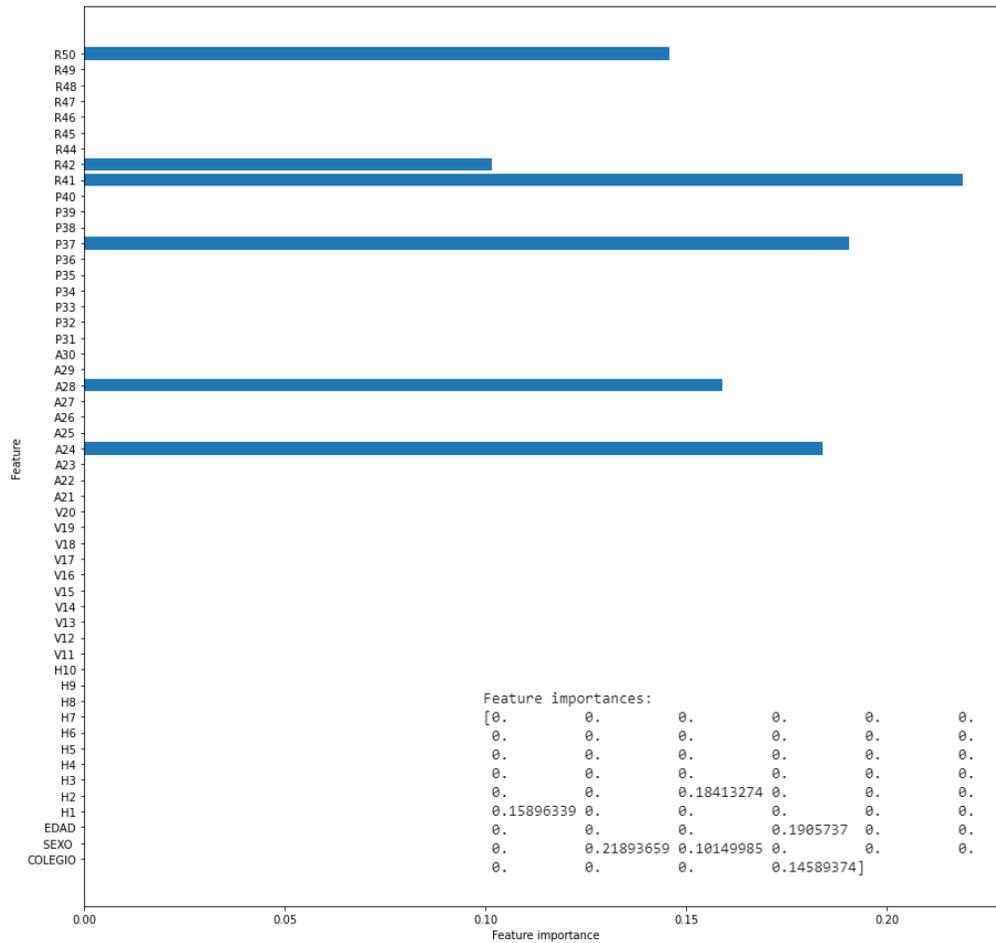
Para esta comparación se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en la prueba final HCTAES, además de contar con la misma variable de salida (target) del capítulo VI sección aprendizaje supervisado. A partir de lo anterior, se obtuvo un aumento en la puntuación pasando de 1 a 2 (clase) con una representación de 23 y 16 respectivamente, ver Figura 55.



**Figura 45.** Árbol de Decisión. Google Collaboratory. Resultado final.

De la figura anterior, se puede deducir que las dimensiones que contribuyeron a los resultados arrojados en la pregunta 43 al finalizar la intervención con la Unidad Didáctica corresponden una relación directa a la pregunta H9, sin embargo, si en esta dimensión el estudiante tiene una puntuación menor a 3.5 se ve influencia por las preguntas R41; en cambio, si el estudiante obtiene un puntaje mayor a 3.5 es porque las preguntas P39 influyeron en esta. Cabe mencionar que sólo el 74.51% de los datos totales cuentan con esta condición, Lo cual significa que dicha Unidad Didáctica no solo potenció las variables iniciales.

No obstante, en la figura 46, lo que parece sorprendente es que la de mayor importancia fue la pregunta P39 al obtener un índice de 0.164 y la de menor importancia fue la R41 con 0.101.



**Figura 46. Árbol de Importancia por Características. Final.**

Evocando la Figura 32 y comparándola con los resultados finales se deduce que:

- Al tener en cuenta las variables iniciales para estructura la Unidad Didáctica no sólo permitieron el fortalecimiento de estas, sino que también permearon en otras variables como se observa en la Figura 55.
- En la pregunta R41, a pesar de no obtenerse una puntuación significativa en el resultado final (Gráfica 45), esta surge como condicionante evidenciado en los árboles de decisión contribuyendo al comportamiento complejo de la pregunta 43.

De las Figuras 45 y 46, es válido mencionar que para la selección de este modelo importamos el conjunto de datos y lo dividimos en una parte de entrenamiento y una de prueba. Luego, construimos un modelo usando la configuración predeterminada de desarrollar completamente el árbol, empleando el siguiente comando:

```
tree = DecisionTreeClassifier(random_state=0)
tree.fit(X_train, y_train)
print("Accuracy on training set: {:.3f}".format(tree.score(X_train, y_train)))
print("Accuracy on test set: {:.3f}".format(tree.score(X_test, y_test)))
```

```
Accuracy on training set: 1.000
Accuracy on test set: 0.423
```

Como era de esperarse la precisión en el conjunto de entrenamiento es del 100%; debido a que las hojas son puras, el árbol creció lo suficientemente profundo como para que pudiera memorizar perfectamente todas las etiquetas de los datos de entrenamiento. La precisión del conjunto de prueba es ligeramente peor que la de los modelos lineales que analizamos anteriormente, que tenían alrededor del 49% de precisión.

Si no restringimos la profundidad de un árbol de decisiones, el árbol puede volverse arbitrariamente profundo y complejo. Por lo tanto, los árboles sin podar son propensos a sobreajustarse y no generalizarse bien a los nuevos datos. Ahora apliquemos la poda previa al árbol, que dejará de desarrollar el árbol antes de que encaje perfectamente con los datos de entrenamiento. Una opción es dejar de construir el árbol después de que se haya alcanzado cierta profundidad. Para este problema en particular, establecemos `max_depth = 3`, lo que significa que solo se pueden hacer tres preguntas consecutivas. Limitar la profundidad del árbol disminuye el sobreajuste. Esto conduce a una menor precisión en el conjunto de entrenamiento, pero una mejora en el conjunto de prueba, como se evidencia en los siguientes códigos.

```
tree = DecisionTreeClassifier(max_depth=3, random_state=0)
```

```
tree.fit(X_train, y_train)
print("Accuracy on training set: {:.3f}".format(tree.score(X_train, y_train)))
print("Accuracy on test set: {:.3f}".format(tree.score(X_test, y_test)))
```

Accuracy on training set: 0.697  
Accuracy on test set: 0.462

Siendo así que, la visualización del árbol proporciona una gran vista en profundidad de cómo el algoritmo hace predicciones y es un buen ejemplo de un algoritmo de aprendizaje automático que se explica fácilmente a los no expertos. Sin embargo, incluso con un árbol de profundidad tres, como se ve en la Figura 22, puede volverse un poco abrumador. Un método para inspeccionar el árbol que puede ser útil es averiguar qué ruta toma realmente la mayoría de los datos, que para este caso Clase 0 con 16 estudiantes y Clase 1 con 30. La `n_samples` que se muestran en cada nodo en la Figura 22 dan el número de muestras en ese nodo, mientras que `value` proporciona el número de muestras por clase. Siguiendo las ramas de la derecha, vemos que los puntajes más altos a  $\leq 0.5$  crea un nodo que contiene 25 muestras en puntuación 0, 25 en puntuación 1, 5 en puntuación 2, 2 en puntuación 3 y 3 en puntuación 4.

### 27.3. Relación encuestas socioeconómica, cultural y HCTAES

De la relación entre la información socioeconómica, cultural (HAPE) y prueba HCTAES se tomó como referente aquella muestra más representativa obtenida en los árboles de decisión inicial y final, evidenciándose esencialmente la clase 0 y 1 para la inicial y 1 y 2 para la final - cuando hablamos de clase, hacemos referencia a la puntuación obtenida por dicha muestra. A partir de ello, se emplearon los siguientes comandos para crear el parámetro:

Para el árbol de decisión inicial;

```
clase0 = df[(df.R41 <= 0.5) & (df.R42 <= 4.5) & (df.A24 <= 4.0)]  
clase1 = df[(df.R41 > 0.5) & (df.R50 <= 6.5) & (df.A28 <= 0.5)]
```

Para el árbol de decisión final;

```
clase1 = df[(df.H9 <= 3.5) & (df.R41 <= 4.5) & (df.H3 <= 1.0)]  
clase2 = df[(df.H9 <= 3.5) & (df.R41 <= 4.5) & (df.H3 >= 1.0)]
```

Posterior a ello, se procedió leer la base de datos adjuntada mediante la creación del dataframe para así identificar la cantidad de estudiantes que cumplieran con el parámetro, mediante los siguientes comandos:

Para el árbol de decisión inicial;

```
df2 = pd.read_excel('Correlación Inicial 1.xlsx')  
C0 = df2[(df.R41 <= 0.5) & (df.R42 <= 4.5) & (df.A24 <= 4.0)]  
C1 = df2[(df.R41 > 0.5) & (df.R50 <= 6.5) & (df.A28 <= 0.5)]
```

Para el árbol de decisión final

```
df2 = pd.read_excel('Correlación Final 1.xlsx')  
C1 = df2[(df.H9 <= 3.5) & (df.R41 <= 4.5) & (df.H3 >= 1.0)]  
C2 = df2[(df.H9 <= 3.5) & (df.R41 <= 4.5) & (df.H3 <= 1.0)]
```

Obteniéndose,

- Para la clase 0, 23 estudiantes y, para la clase 1, 41 estudiantes en condiciones iniciales
- Para la clase 1, 19 estudiantes y, para la clase 2, 35 estudiantes en condiciones finales.

Siendo así que, se examinó un poco más a fondo la información para reconocer si eran los mismos estudiantes quienes hubiesen mejorado los resultados en la final con respecto a la inicial o aparecían nuevos estudiantes, como se puede visualizar en la Tabla 13.

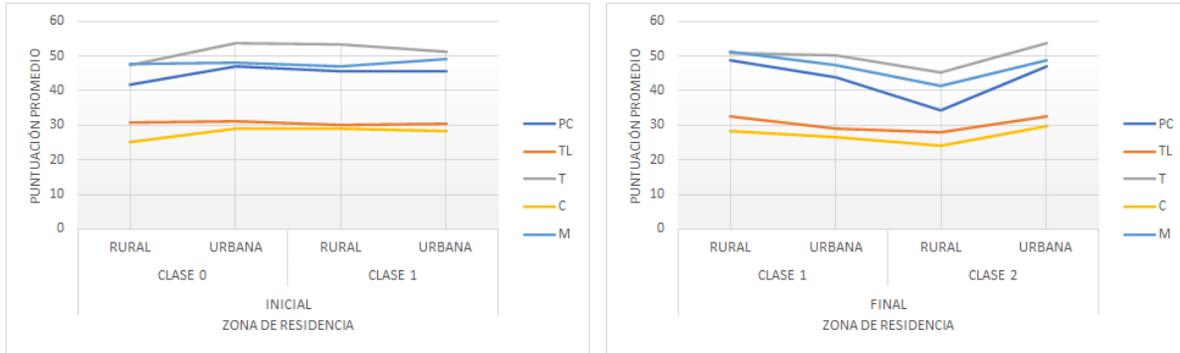
**Tabla 13.**

*Visualización de estudiantes para las condiciones inicial y final.*

| CONDICIÓN INICIAL |      |         |      | CONDICIÓN FINAL |         |     |
|-------------------|------|---------|------|-----------------|---------|-----|
| CLASE 0           |      | CLASE 1 |      | CLASE 1         | CLASE 2 |     |
| E1                | E93  | E2      | E48  | E10             | E1      | E54 |
| E7                | E100 | E3      | E50  | E12             | E2      | E60 |
| E8                | E102 | E4      | E53  | E15             | E7      | E62 |
| E14               |      | E5      | E54  | E22             | E9      | E72 |
| E22               |      | E9      | E59  | E28             | E11     | E80 |
| E26               |      | E11     | E61  | E33             | E14     | E88 |
| E27               |      | E12     | E66  | E41             | E16     | E89 |
| E29               |      | E16     | E69  | E48             | E20     | E91 |
| E30               |      | E17     | E70  | E53             | E23     | E92 |
| E33               |      | E18     | E72  | E56             | E24     | E94 |
| E41               |      | E21     | E75  | E59             | E26     | E95 |
| E51               |      | E25     | E77  | E65             | E27     | E98 |
| E60               |      | E32     | E80  | E66             | E29     | E99 |
| E62               |      | E34     | E81  | E68             | E30     |     |
| E65               |      | E35     | E83  | E73             | E32     |     |
| E68               |      | E36     | E85  | E74             | E36     |     |
| E73               |      | E37     | E86  | E79             | E37     |     |
| E79               |      | E39     | E91  | E82             | E38     |     |
| E82               |      | E40     | E92  | E96             | E42     |     |
| E87               |      | E44     | E94  |                 | E47     |     |
|                   |      |         | E101 |                 | E51     |     |

Continuando con la relación entre la encuesta y pruebas aplicadas se graficó el comportamiento más relevante de todas las variables tenidas en estas, como es el caso de la zona residencia, el estado civil de los padres de familia, el tipo de familia y el estrato socioeconómico.

Para la variable zona de residencia, en la Gráfica 46 se observa una leve mejoría en las variables de la prueba HAPE esencialmente en estudiantes que residen en la zona urbana, esto debido a que después de aplicar la Unidad Didáctica era necesario el uso de herramientas tecnológicas y acceso a internet lo cual otorgaba un beneficio respecto a los de la zona rural.



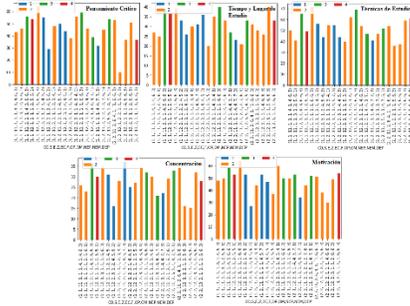
**Gráfica 46.** Comportamiento de la variable zona de residencia con respecto a prueba HAPE y HCTAES.

Para el estado civil de los padres de familia y el tipo de familia se hace evidente en la Gráfica 47 que la población que inicialmente se encontraba en la clase 0 suben a la clase 2 sin verse afectado las condiciones familiares concluyendo que la Unidad Didáctica no discrimina estos agentes externos.

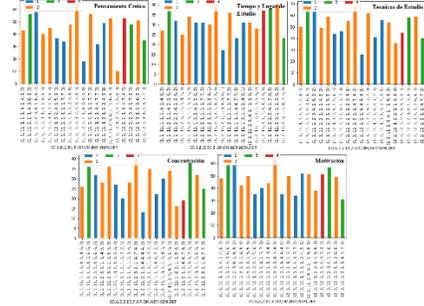


**Gráfica 47.** Estado civil y tipo de familia.

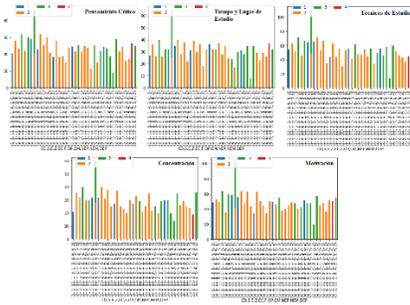
Ahora bien, ampliando esta relación en las Gráficas 48, 49, 50 y 51 se ratifica la inclusión de la Unidad Didáctica en este caso desde la variable de estratos socioeconómicos de la población.



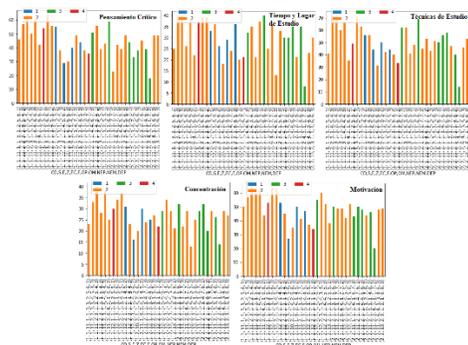
**Gráfica 48. Clase 0. Resultado inicial.**  
Comparación de variables socioeconómicas con prueba HAPE y HCTAES.



**Gráfica 50. Clase 1. Resultado final.**  
Comparación de variables socioeconómicas con prueba HAPE y HCTAES.



**Gráfica 49. Clase 1. Resultado inicial.**  
Comparación de variables socioeconómicas con prueba HAPE y HCTAES.



**Gráfica 51. Clase 2. Resultado final.**  
Comparación de variables socioeconómicas con prueba HAPE y HCTAES.

## CAPÍTULO IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo establece las conclusiones del trabajo de estas tesis, se enumera los artículos publicados como resultado de la investigación, describe las posibles rutas para continuar con este trabajo.

### 28. Conclusiones

De la pregunta de investigación presentada en la introducción de este documento nos planteamos cómo potenciar las habilidades de pensamiento crítico interdisciplinar para un caso de estudio a partir de una Unidad Didáctica estructurada a través de técnicas en *Machine Learning*, siendo este un campo de conocimiento que está en auge, favoreciendo el reconocimiento de patrones de aprendizaje de un estudiante siendo ajustando a la necesidades del mismo, además de promover la retroalimentación de una forma más personalizada y regular (James, 2019). Para lograr este propósito abordamos una serie de objetivos más concretos, que a continuación, se explica el grado de realización.

Una vez realizada la encuesta socioeconómica-cultural y aplicado el algoritmo para dar respuesta al primer objetivo específico planteado, se puede comprobar que estos factores individuales no inciden directamente en el fortalecimiento de las habilidades del pensamiento crítico, puesto que todas estas afectan la actitud del estudiante, en consecuencia, la estrategia propuesta contribuye mucho más a la motivación y las técnicas de estudio, además de los procesos académicos como es la toma de decisión; asimismo, la Unidad Didáctica no discrimina las

condiciones con la que vive el estudiante, ya que en gran medida es adaptable a varios contextos socioeconómicos, familiares y zona donde reside.

De las herramientas con las que cuenta el profesor para instruir e impartir conocimientos y aptitudes a sus estudiantes, la Unidad Didáctica es una de las más importantes puesto que le facilita interrelacionar todos los elementos que intervienen en el proceso tanto de enseñanza como de aprendizaje. Por ende, estructurar una con base en técnicas de *Machine Learning* permite establecer cambios muchos más significativos particularizando los procesos académicos y actitudinales según la necesidad más inmediata en los estudiantes facilitando a los profesores el fortalecimiento de habilidades, en este caso el de pensamiento crítico. No obstante, al tratarse de un nuevo enfoque a la Educación y más en la estructuración de una estrategia pedagógica, es importante reconocer que la exploración de la base de datos con las distintas técnicas que aporta Python garantiza que la selección del método sea la más viable y a su vez llevar a cabo el objetivo planteado. Además, teniendo en cuenta que las estrategias empleadas en investigaciones previas para el fortalecimiento en esta habilidad de pensamiento son novedosas y dan óptimos resultados, recomiendan flexibilizar el currículo trasladando el conocimiento disciplinar a la cotidianidad, promoviendo la motivación en el estudiantado y haciéndose evidente en la creatividad de resolución de problemas y toma de decisiones. En ese sentido, el uso de técnicas de *Machine Learning* -para nuestro caso algoritmo de clasificación, árbol de decisión- permitieron reconocer las variables iniciales que actuaron como condicionantes frente a la necesidad del estudiantado, y con base en ellas estructurar las diferentes actividades mediadas por herramientas tecnológicas.

Y, en cuanto a la eficacia de la estrategia diseñada e implementada para este caso de estudio, se deduce que gracias a la investigación de corte longitudinal mediado por análisis propios del aprendizaje supervisado permite ser adaptada a las necesidades contextuales del estudiantado

fortaleciendo habilidades del pensamiento crítico en procesos académicos y actitudinales, siendo esta última una variable influente dentro del proceso de aprendizaje dependiendo de factores internos y externos que pueden afectar los cambios de comportamiento, ya sean positivos o negativos, y las habilidades personales que posea cada alumno, además, la actitud en el entorno educativo debe ser positiva, mostrando disciplina y ganas de aprender (habilidades de estudio y hábitos de estudio) con dedicación y esfuerzo, la vocación del profesor por enseñar (estrategias de aprendizaje) y el mejor apoyo familiar permiten que los estudiantes tengan una mayor motivación, interés y entusiasmo para lograr un mejor rendimiento académico.

Finalmente, la evidencia que presentamos anteriormente demuestra que el campo del *Machine Learning* en la Educación es un mundo nuevo por descubrir, donde este promueve en los profesionales e investigadores de la Educación la generación cambios positivos en los estudiantes y en el actuar pedagógico reconociendo la necesidad más inmediata que tengan, fortaleciendo habilidades para la vida. En consecuencia, y teniendo en cuenta esta investigación ¿el *Machine Learning* favorecería en la estructura de una estrategia didáctica o pedagógica que permita potenciar el pensamiento complejo? O ¿Por qué no generar el pensamiento computacional en nuestros estudiantes empleando la enseñanza de las técnicas del *Machine Learning* reconociendo que los estudiantes en la actualidad están rodeados del mundo digital?

Las contribuciones principales de este trabajo investigativo se presentan a continuación:

- En primer lugar, los Sistemas Complejos Adaptativos desde una perspectiva de la Ley de Potencia proporciona la visualización del comportamiento de este sistema -pensamiento crítico- desde una perspectiva no lineal y autoorganizable, además de caracterizarlo como un problema reflejado desde el campo “complejo”.



- En segundo lugar, la interconexión de campos de conocimientos distintos, en este caso programación y pedagogía, suministra herramientas y perspectivas útiles para dar múltiples y posibles soluciones a distintas problemáticas que se presentan comúnmente no sólo en la educación sino también en la sociedad.
- En tercer lugar, la estructura e implementación de una estrategia didáctica basada en técnicas de *Machine Learning*, por un lado, es adaptable puesto que la secuencialidad de actividades propuestas contribuye a solventar una(s) necesidad(es) del contexto estudiantil. Y, por otro lado, es consecutivo desde la recolección de los datos iniciales hasta el análisis de estos, debido a que se reconoce la información más importante para focalizar la estrategia y obtener excelentes resultados.

## 29. Método Propuesto

Para futuras investigaciones, se propone el siguiente método para su aplicación:

1. **Procesamiento:** una vez obtenido los datos de estudio a través de una base de datos inicial en Excel, realizar el respectivo Análisis Exploratorio de Datos a partir de gráficas como los histogramas con el propósito de reconocer el comportamiento descriptivo del problema. Posterior a ello, inspeccionar en los Sistemas Complejos Adaptativos a partir de la Ley de Potencias graficando las Probabilidades de Excedencia y a partir de ello aplicar el logaritmo a cada lado.
2. **Selección de características:** a partir del resultado de la Ley de Potencias y al identificarse la variable más influyente -que tenga comportamiento complejo- del problema sin la necesidad de inocular la calidad del modelo.



3. **Extracción de conocimiento:** de la variable influyente, se puede tomar como variable de salida para emplear el modelo más adecuado, en este caso, se recomienda el aprendizaje supervisado como lo es el árbol de decisión puesto que la Entropía del sistema es menor, es decir que este algoritmo toma la mayor información ganada; lo que no ocurre con algoritmos del aprendizaje no supervisado como el Clúster Aglomerativo, el k-Means y el DBSCAN.
4. **Evaluación:** ya teniendo el modelo y el algoritmo identificado, se procede a aplicarlo a la base datos final, cuyo propósito es reconocer la eficacia de la estrategia y la adaptabilidad del modelo bajo diferentes datos de información reflejándose en que el árbol de decisión inicial y final no tenga las mismas variables.

## REFERENCIAS

- Acevedo, A. y Carrera, M. (2002) *Evaluación de habilidades de pensamiento HAPE-ITH. Instituto Tecnológico de Chihuahua programa institucional de tutorías*, Vol. 4. 1- 17.
- Aguirre E., y Veneri F. (2018). *Modelización del desempeño educativo en la educación media mediante aprendizaje automático*. Monografía para optar Licenciatura. Universidad de la República. Montevideo: Uruguay.
- Alejo L., L.(2017). *El Pensamiento Crítico en estudiantes del grado Maestro/a en Educación Primaria desde la Didáctica de las Ciencias Sociales*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. Facultad de Ciencias de la Educación. Disponible en <http://orcid.org/0000-0003-0941-9716>.
- Baños L., P. (2016). *El pensamiento crítico en secundaria desde las significaciones de los docentes*. Tesis de Maestría. Universidad Pedagógica Nacional. Maestría en Desarrollo Educativo. México, D.F. Disponible en <http://200.23.113.51/pdf/33069.pdf>
- Bausela H., E. (s.f.) La docencia a través de la Investigación – Acción. Revista Iberoamericana de Educación. ISBN: 1681 – 5653. Disponible en <https://rieoei.org/historico/deloslectores/682Bausela.PDF>
- Bellman, R.E. (1978). *An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think?* Boyd % Fraser Publishing Company.
- Buchanan, M. (2004). *Power Laws and the New Science of Complexity Management*. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/235356754\\_Power\\_Laws\\_the\\_New\\_Science\\_of\\_Complexity\\_Management/references](https://www.researchgate.net/publication/235356754_Power_Laws_the_New_Science_of_Complexity_Management/references)

Calvo, A. y Manteca, F. (2016). *Barreras y Ayudas Percibidas por los estudiantes en la Transición entre la Educación Primaria y Secundaria*. REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 14(1) ,49-64. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551/55143412003>.

Candia O., D. (2019). *Predicción del rendimiento académico de los estudiantes en la UNSAAC a partir de datos de ingreso utilizando algoritmos de aprendizaje automáticos*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Maestría en Ciencias Mención Informática. Cusco, Perú. Disponible en [http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/4120/253T20191024\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/4120/253T20191024_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Castillo B., R. (2009). *La hipótesis en investigación*. Contribuciones a las Ciencias Sociales. Disponible en <http://www.eumed.net/rev/cccss/04/rcb2.htm>.

Correa M., D.M (2019). Actitud y aptitud en el proceso del aprendizaje. Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo. Disponible en <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/06/actitud-aptitud-aprendizaje.html/hdl.handle.net/20.500.11763/atlante1906actitud-aptitud-aprendizaje>

Eligio M., I. M., Gómez Z., M.G., y García M., I.A. (2015). *El desarrollo del pensamiento crítico mediante el debate asincrónico en foros virtuales en educación secundaria*. Revista Aletheia. Vol. 8. No. 1. 100 – 115. ISSN 2145-0366.

Facione, P. (2007). Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante? Evaluación de la percepción, 22.

Fitzgerald U., J. y Camargo S., M. (2016). *Las prácticas de gestión que promueve el desarrollo del pensamiento crítico. Un estudio de caso*. Tesis de maestría. Facultad de Educación.

Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Disponible en

<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/19502>

García, R. (2006). *Sistemas Complejos*. 1ª edición. Editorial Gedisa, S.A.: Barcelona, España.

Goyette, G. y Lessard – Hérbert, M. (1988). *La investigación – acción*. Funciones, fundamentos e instrumentos. Barcelona: Alertes.

Halpern, D. (2006). *Halpern Critical Thinking Assessment Using Everyday Situations: Background and scoring standards (2º Report)*. [Unpublished manuscript]. Claremont, CA: Claremont McKenna College.

Hernández S., R., Fernández C., C., y Baptista L., M. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ª edición. Mc Graw Hill Education: México. Disponible en <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hochel, M. y Gómez M., E. (200). *La rompecabeza del cerebro: La conciencia. La inteligencia artificial*. Disponible en [https://www.ugr.es/~setchift/docs/conciencia\\_capitulo\\_2.pdf](https://www.ugr.es/~setchift/docs/conciencia_capitulo_2.pdf)

Holland, J.H. (2004). *El orden oculto*. 1ª edición en español. Fondo de Cultura Económica: México.

Jama-Zambrano, V. R., y Cornejo-Zambrano, J. K. (2016). *Las condiciones socioeconómicas y su influencia en el aprendizaje: un estudio de caso. Dominio de las Ciencias*. Vol. 2. No.1. 102-117.

James, E. (2019). *Methods in which Machine Learning will improve online learning*. EdTechReview. Disponible en <https://edtechreview.in/e-learning/3599-methods-in-which-machine-learning-will-improve-online-learning>

Johnson, S. (2001). *Sistemas emergentes o que tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Madrid: Truner.

Kawulich, Barbara B. (2006). *La observación participante como método de recolección de datos* [82 párrafos]. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research [On-line Journal], 6(2). Art. 43. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0502430>.

Kemmis, S. y McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación – acción*. Barcelona: Laertes.

Maldonado, C.E. (2014). *¿Qué es un Sistema Complejo?* Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia. 14.29: 71 – 93. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/414/41438646004.pdf>

Méndez A., O. y López M., J. (2019). *Técnicas de Machine Learning para la predicción de desempeño académico en el desarrollo del espacio proyectivo del Pensamiento Espacial*. Tesis de Maestría. Universidad Pedagógica Nacional. Maestría en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación. Bogotá, Colombia. Disponible en <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/11451/TO-23729.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mendoza G., P.L. (2015). *La investigación y el desarrollo de Pensamiento Crítico en estudiantes Universitarios*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. Facultad de Ciencias de la Educación. Disponible en <http://orcid.org/0000-0002-2743-9983>.

Mitzenmacher, M. (s.f.). A brief of generative models for Power Law and Lognormal Distribution. Internet Mathematics. Vol. 1, No. 02: 226 – 251. Disponible en [https://projecteuclid.org/DPubS/Repository/1.0/Disseminate?view=body&id=pdf\\_1&handle=euclid.im/1089229510](https://projecteuclid.org/DPubS/Repository/1.0/Disseminate?view=body&id=pdf_1&handle=euclid.im/1089229510)

Moreno P., W.E. y Velásquez T., M.E. (2017). *Estrategia Didáctica para Desarrollar el Pensamiento Crítico*. REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio

en Educación. Vol. 15. No. 2. 53 – 73. Disponible en

<https://doi.org/10.15366/reice2017.15.2.003>.

Müller, A.C y Guido, S. (2017). *Introduction to Machine Learning with Python*. A guide for data scientist. O'Reilly Media, Inc. Estados Unidos de América.

Nieto, A. M., Saiz, C., y Orgaz, B. (2009). *Análisis de las propiedades psicométricas de la versión española del HCTAES-Test de Halpern para la evaluación del pensamiento crítico mediante situaciones cotidianas*. Revista Electrónica de Metodología Aplicada. Vol. 14. No. 1. 1 – 115.

Ocampo, M. (2018). *Inteligencia Artificial*. INCYTU. No. 12. Ciudad de México, México. Disponible en [https://www.foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU\\_18-012.pdf](https://www.foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_18-012.pdf)

Pedroza F., F.A. y Argüello Z., F. (2002). Interdisciplinariedad y transdisciplinariedad en los modelos de enseñanza de la cuestión ambiental. Cinta de Moebio: Revista de Epistemología de Ciencias Sociales. Disponible en <https://www.moebio.uchile.cl/15/pedroza.html>

Pérez S., G. (1994). Investigación cualitativa. Retos e interrogantes I. Métodos. Madrid: La Muralla.

Ríos M., Y. (2019). *Pensamiento Crítico y Comprensión de Lectura en estudiantes de cuarto año de secundaria de un colegio particular del distrito de San Isidro*. Tesis de Maestría. Universidad Ricardo Palma. Maestría en Psicología con Mención en Problemas de Aprendizaje. Lima, Perú. Disponible en <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2358>

- Rojas S., L. y Linares C., E. (2018). *Fortalecimiento del pensamiento crítico a través de la escritura de crónicas literarias*. Tesis de maestría. Facultad de Educación. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/35298/Fortalecimiento%20del%20pensamiento.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Russel S, Norving P. (2009). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Printice – Hall Press.
- Schmuck, Richard (1997). *Practical action research for change*. Arlington Heights. IL: IRI/Skylight Training and Publishing.
- Sosa C., L.B. (2012). *Diseño basado en los Sistemas Complejos Adaptativos: El diseño de objetos autorreferentes*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Disponible en [http://eprints.uanl.mx/3313/1/Liliana\\_Beatriz\\_Sosa\\_Compe%C3%A1n\\_Dise%C3%B1o\\_basado\\_en\\_los\\_Sistemas\\_Complejos\\_Adaptativos-El\\_dise%C3%B1o\\_de\\_objetos\\_autorreferentes.pdf](http://eprints.uanl.mx/3313/1/Liliana_Beatriz_Sosa_Compe%C3%A1n_Dise%C3%B1o_basado_en_los_Sistemas_Complejos_Adaptativos-El_dise%C3%B1o_de_objetos_autorreferentes.pdf)
- Torres M., N.Y. (2014). *Pensamiento Crítico y cuestiones socio-científicas: un estudio en escenarios de formación docente*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. Ciencias Experimentales.
- Van Dijk, T. (2000). *El discurso como estructura y proceso*. Volumen 2. Barcelona: Gedisa.
- Villagrá A. C.J. (2015). *Sistema predictivo de clasificación probabilística como guía de aprendizaje*. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial.
- Zapata A., M.E. (2005). *Generalidades de Ecología y Medio Ambiente*. Disponible en <https://betycardona.wordpress.com/unidad-tresequilibrque-factores-bioticos-y-abioticos-evidenciasteio-de-los-ecosistemas/>



**ANEXO A**

|                               | 2019   |        |        |        |        |        |        | 2020 |        |        |        |       |       |       |       |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
|                               | AGO    | SEP    | OCT    | NOV    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY  | JUN    | JUL    | AGO    | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
| PLANTEAMIENTO DEL PROGRAMA    | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow |        |      |        |        |        |       |       |       |       |
| ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN  |        | Orange | Orange | Orange | Orange | Orange | Orange |      |        |        |        |       |       |       |       |
| FUNDAMENTOS TEÓRICOS          |        |        | Green  | Green  | Green  | Green  | Green  |      |        |        |        |       |       |       |       |
| OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN |        |        |        |        |        |        |        | Red  | Red    |        |        |       |       |       |       |
| METODOLOGÍA                   |        |        |        |        |        |        |        |      | Purple | Purple | Purple |       |       |       |       |
| RESULTADOS Y ANÁLISIS         |        |        |        |        |        |        |        |      |        |        |        | Green | Green | Green | Green |
| CONCLUSIÓN                    |        |        |        |        |        |        |        |      |        |        |        | Green | Green | Green | Green |
| CONSTRUCCIÓN DE DOCUMENTO     | Blue   | Blue | Blue   | Blue   | Blue   | Blue  | Blue  | Blue  | Blue  |
| ARTÍCULO CIENTÍFICO           |        |        |        |        |        |        |        |      |        |        |        |       |       |       | Red   |

*Anexo 1. Cronograma de Actividades.*



**Consentimiento informado para Rector del Colegio Claretiano**

Yo, \_\_\_\_\_ identificado con cédula de ciudadanía No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, en pleno uso de mis facultades mentales y sin que medie coacción alguna, en mi condición de \_\_\_\_\_ y representante legal de la institución educativa \_\_\_\_\_ autorizo y acepto el desarrollo de la investigación titulada **ESTRATEGIA DIDÁCTICA MEDIADA POR TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING PARA POTENCIAR LA HABILIDAD DE PENSAMIENTO CRÍTICO INTERDISCIPLINAR EN PROCESOS ACADÉMICOS Y ACTITUDINALES**, realizada por el investigador: Carlos Julio Flórez Ardila, estudiante de la maestría en Estudios Interdisciplinarios de la Complejidad de la Universidad Surcolombiana.

Manifiesto que se nos ha sido informado, explicado y dados a conocer los objetivos de la investigación, y toda la información correspondiente a la misma; nuestras preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria, aclarando y despejando las dudas e inquietudes. Hemos sido informados y entendemos que la información que los estudiantes participantes suministren será de forma consciente y bajo sus propios criterios y responsabilidad, y que esta será transcrita, registrada y revelada en el proyecto de investigación, y no será utilizada para ningún otro fin, fuera de lo estrictamente académico.

He aceptado de forma consiente y voluntaria que el nombre de la institución, así como sus fotos, videos, y demás herramientas a las que se acude para la ejecución del presente estudio sean reveladas, y dadas a conocer. Así mismo manifiesto que bajo ningún concepto se nos ha ofrecido ni pretendido recibir algún tipo de beneficio económico producto de los hallazgos de la referida investigación, y que los resultados de esta nos serán mostrados oportunamente en el momento en que así lo solicitemos.

**Nombre:** \_\_\_\_\_  
**C.C.:** \_\_\_\_\_  
**Firma:** \_\_\_\_\_  
**Correo electrónico:** \_\_\_\_\_  
**Fecha:** \_\_\_\_\_



**Consentimiento informado para padres y/o madres de familia**

Yo, \_\_\_\_\_ identificado con cédula de ciudadanía No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, en pleno uso de mis facultades mentales y sin que medie coacción alguna, en mi condición de \_\_\_\_\_ y acudiente responsable del menor \_\_\_\_\_ identificado con tarjeta de identidad No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ lo autorizo y acepto su participación de forma voluntaria en la realización de la investigación titulada **ESTRATEGIA DIDÁCTICA MEDIADA POR TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING PARA POTENCIAR LA HABILIDAD DE PENSAMIENTO CRÍTICO INTERDISCIPLINAR EN PROCESOS ACADÉMICOS Y ACTITUDINALES**, realizada por el investigador: Carlos Julio Flórez Ardila, estudiante de la maestría en Estudios Interdisciplinarios de la Complejidad de la Universidad Surcolombiana

Manifiesto que se nos ha sido informado, explicado y dados a conocer los objetivos de la investigación, y toda la información correspondiente a la misma; nuestras preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria, aclarando y despejando las dudas e inquietudes. Hemos sido informados y entendemos que la información que \_\_\_\_\_ suministre, será de forma consciente y bajo sus propios criterios y responsabilidad, y que esta será transcrita, registrada y revelada en el proyecto de investigación, y no será utilizada para ningún otro fin, fuera de lo estrictamente académico.

He aceptado de forma consiente y voluntaria que el nombre de \_\_\_\_\_, así como sus fotos, videos, y demás herramientas a las que se acude para la ejecución del presente estudio sean reveladas, y dadas a conocer. Así mismo manifiesto que bajo ningún concepto se nos ha ofrecido ni pretendido recibir algún tipo de beneficio económico producto de los hallazgos de la referida investigación, y que los resultados de la misma nos serán mostrados oportunamente en el momento en que así lo solicitemos.

**Nombre:** \_\_\_\_\_  
**C.C.:** \_\_\_\_\_  
**Correo electrónico:** \_\_\_\_\_

*Anexo 2. Consentimiento Informado a Rector (izquierda) y Padres de Familia (derecha) del Colegio Claretiano de Neiva.*



ACREDITADA DE  
**ALTA CALIDAD**  
 Resolución 11233 / 2018 - MEN

**Consentimiento informado para Rector del Colegio Campestre Padre Arturo de Neiva**

Yo, \_\_\_\_\_ identificado con cédula de ciudadanía No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, en pleno uso de mis facultades mentales y sin que medie coacción alguna, en mi condición de \_\_\_\_\_ y representante legal de la institución educativa \_\_\_\_\_ autorizo y acepto el desarrollo de la investigación titulada **ESTRATEGIA DIDÁCTICA MEDIADA POR TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING PARA POTENCIAR LA HABILIDAD DE PENSAMIENTO CRÍTICO INTERDISCIPLINAR EN PROCESOS ACADÉMICOS Y ACTITUDINALES**, realizada por la investigadora: Karen Vanessa Pulido Peralta, estudiante de la maestría en Estudios Interdisciplinarios de la Complejidad de la Universidad Surcolombiana.

Manifiesto que se nos ha sido informado, explicado y dados a conocer los objetivos de la investigación, y toda la información correspondiente a la misma; nuestras preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria, aclarando y despejando las dudas e inquietudes. Hemos sido informados y entendemos que la información que los estudiantes participantes suministren será de forma consciente y bajo sus propios criterios y responsabilidad, y que esta será transcrita, registrada y revelada en el proyecto de investigación, y no será utilizada para ningún otro fin, fuera de lo estrictamente académico.

He aceptado de forma consiente y voluntaria que el nombre de la institución, así como sus fotos, videos, y demás herramientas a las que se acude para la ejecución del presente estudio sean reveladas, y dadas a conocer. Así mismo manifiesto que bajo ningún concepto se nos ha ofrecido ni pretendido recibir algún tipo de beneficio económico producto de los hallazgos de la referida investigación, y que los resultados de esta nos serán mostrados oportunamente en el momento en que así lo solicitemos.

**Nombre:** \_\_\_\_\_  
**C.C.:** \_\_\_\_\_  
**Firma:** \_\_\_\_\_  
**Correo electrónico:** \_\_\_\_\_  
**Fecha:** \_\_\_\_\_



ACREDITADA DE  
**ALTA CALIDAD**  
 Resolución 11233 / 2018 - MEN

**Consentimiento informado para**

**padres y/o madres de familia**

Yo, \_\_\_\_\_ identificado con cédula de ciudadanía No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, en pleno uso de mis facultades mentales y sin que medie coacción alguna, en mi condición de \_\_\_\_\_ y acudiente responsable del menor \_\_\_\_\_ identificado con tarjeta de identidad No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ lo autorizo y acepto su participación de forma voluntaria en la realización de la investigación titulada **ESTRATEGIA DIDÁCTICA MEDIADA POR TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING PARA POTENCIAR LA HABILIDAD DE PENSAMIENTO CRÍTICO INTERDISCIPLINAR EN PROCESOS ACADÉMICOS Y ACTITUDINALES**, realizada por la investigadora: Karen Vanessa Pulido Peralta, estudiante de la maestría en Estudios Interdisciplinarios de la Complejidad de la Universidad Surcolombiana.

Manifiesto que se nos ha sido informado, explicado y dados a conocer los objetivos de la investigación, y toda la información correspondiente a la misma; nuestras preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria, aclarando y despejando las dudas e inquietudes. Hemos sido informados y entendemos que la información que \_\_\_\_\_ suministre, será de forma consciente y bajo sus propios criterios y responsabilidad, y que esta será transcrita, registrada y revelada en el proyecto de investigación, y no será utilizada para ningún otro fin, fuera de lo estrictamente académico.

He aceptado de forma consiente y voluntaria que el nombre de \_\_\_\_\_, así como sus fotos, videos, y demás herramientas a las que se acude para la ejecución del presente estudio sean reveladas, y dadas a conocer. Así mismo manifiesto que bajo ningún concepto se nos ha ofrecido ni pretendido recibir algún tipo de beneficio económico producto de los hallazgos de la referida investigación, y que los resultados de esta nos serán mostrados oportunamente en el momento en que así lo solicitemos.

**Nombre:** \_\_\_\_\_  
**C.C.:** \_\_\_\_\_  
**Correo electrónico:** \_\_\_\_\_

**Anexo 3. Consentimiento Informado a Rector (izquierda) y Padres de Familia (derecha) del Colegio Campestre Padre Arturo de Neiva.**

## ANEXO B

| Reactivos |  |
|-----------|--|
| 1         | Acostumbro a hacer mapas conceptuales, esquemas o diagramas como apuntes durante las clases.                       |
| 2         | Acostumbro a leer el índice y las partes más importantes antes de comenzar la lectura de un libro.                 |
| 3         | Acostumbro a planificar el tiempo que le voy a dedicar al estudio y lo llevo a cabo.                               |
| 4         | Acostumbro a tener un horario fijo para estudiar o hacer actividades académicas.                                   |
| 5         | Administro mi tiempo de estudio de acuerdo con lo que necesita el material a aprender.                             |
| 6         | Al estudiar relaciono lo que estoy aprendiendo con los conocimientos adquiridos anteriormente.                     |
| 7         | Al estudiar un nuevo tema me doy cuenta de que los conocimientos aprendidos con anterioridad me sirven de mucho.   |
| 8         | Al estudiar un tema acostumbro a hacer esquemas del contenido, identificando las ideas principales y secundarias.  |
| 9         | Al presentar un examen, comprendo lo que se me pide que haga.  |
| 10        | Amplío la información recibida en clase, buscando otras fuentes sobre el mismo tema.                               |
| 11        | Entiendo sin dificultad lo que el profesor me explica en el salón de clase.  |
| 12        | Aunque tengo problemas logro concentrarme.   |
| 13        | Busco caminos alternativos para resolver problemas.  |
| 14        | Busco establecer analogías para comprender mejor un fenómeno o un tema.  |
| 15        | Considero importante ponerle atención a las gráficas y a las tablas que aparecen en el texto cuando estoy leyendo. |
| 16        | Considero mi estudio como algo realmente personal.   |
| 17        | Considero mi tiempo de aprendizaje como digno de ser vivido con intensidad.  |
| 18        | Considero que lo que estudio tiene relación con mis intereses.   |
| 19        | Consulto el diccionario cada vez que no entiendo un término o tengo dudas de cómo se escribe.                      |
| 20        | Me concentro sin importar sonidos, voces o luces.  |
| 21        | Cuando leo un texto puedo reconocer las ideas principales y las ideas secundarias.                                 |
| 22        | Para guiar mi estudio y prepararme para un examen, procuro imaginarme lo que me van a preguntar.                   |
| 23        | Cuando preparo un examen, acostumbro a comprender la información antes de memorizarla.                             |
| 24        | Estudio en un lugar adecuado al realizar mis actividades académicas en casa.                                       |
| 25        | Después de realizar una lectura acostumbro a hacer esquemas, resúmenes, mapas conceptuales de la misma.            |
| 26        | El contenido de las materias que curso son interesantes.   |
| 27        | Busco que exista un equilibrio en los tiempos destinados para actividades recreativas, de estudio y de descanso.   |
| 28        | Estoy buscando constantemente nuevos retos y los cumplo.   |
| 29        | Estudio para estar preparado en cualquier momento para contestar un examen.  |
| 30        | Estudio un tema consultando diferentes fuentes de información.   |



- 31 Hago una lista de actividades académicas con fecha de entrega pues me ayuda a cumplir con ellas.
- 32 Logro concentrarme en lo que estoy haciendo.
- 33 Logro crear mis propias conclusiones de un tema visto en clase.
- 34 Logro ejemplificar en ideas concretas, conceptos generales.
- 35 Busco la manera de que los ruidos externos no impidan mi estudio.
- 36 Logro poner atención a algo cuando existe mucho ruido a mí alrededor.
- 37 Mantengo mi atención sin ningún problema durante toda la clase.
- 38 Me intereso en conocer los planes de estudio de otras instituciones educativas del mismo grado que curso.
- 39 Me mantengo algún tiempo estudiando, aunque de principio no me concentro.
- 40 Normalmente cuando estudio o realizo una actividad académica tengo a mi disposición fuentes de información como enciclopedias, diccionarios, acceso a Internet.
- 41 Normalmente termino los trabajos, tareas y actividades a tiempo.
- 42 Para enriquecer y ampliar lo que estoy aprendiendo, busco información que contradiga lo que dice mi profesor.
- 43 Participo activamente en las propuestas de los profesores y compañeros.
- 44 Mi asistencia diaria a clases es muy importante para orientarme en mi proceso de estudio.
- 45 Puedo comprender con claridad el contenido de lo que estudio.
- 46 Puedo redactar con suficiente orden y claridad un trabajo académico.
- 47 Resumo en pocas palabras lo que he leído.
- 48 Mi rendimiento académico es bueno a pesar de que tengo problemas.
- 49 Soy capaz de clasificar un conjunto de hechos o eventos.
- 50 Soy capaz de encontrar alternativas para resolver un problema.
- 51 Soy capaz de encontrar una semejanza o patrón en un conjunto de hechos o eventos.
- 52 Soy capaz de evaluar los efectos positivos y/o negativos de una situación o acción.
- 53 Soy capaz de relacionar contenidos de distintas materias.
- 54 Participo en grupos de estudio para intercambiar puntos de vista sobre un tema.
- 55 Suelo ponerme metas y cumplirlas.
- 56 Suelo preguntar los temas que no entiendo al profesor.
- 57 Suelo tomar notas de lo que dice el profesor en clase.
- 58 Me interesan temas culturales, aunque aparentemente estén alejados de lo que tengo que estudiar.
- 59 Tengo capacidad de seguir las explicaciones del profesor en la clase.
- 60 Me gusta trabajar personalmente para profundizar en la comprensión de los contenidos de las materias.
- 61 Tengo presente la bibliografía de libros, revistas y web que consulto.
- 62 Trato de leer revistas y publicaciones referentes al tema que estoy estudiando.
- 63 Trato de relacionar la nueva información con elementos de la vida cotidiana.
- 64 Trato de relacionarme con profesionales de las áreas a las que pienso dedicarme en el futuro.
- 65 Trato de solucionar mis problemas de estudio y aprendizaje en general.
- 66 Utilizo todos los servicios que están a mi disposición dentro y fuera de mi Institución.
- 67 Visito las exposiciones o eventos que tengan relación con mis estudios.
- 68 Cuento con papelería necesaria cuando estudio o realizo una actividad académica.



- 69 | Al contestar un examen organizo el tiempo de modo que me alcance a contestar todas las preguntas.
- 70 | Acostumbro a revisar mis notas de clase.

**Anexo 4. Reactivos prueba HAPE-ITH.**

| DIMENSIÓN                 | SITUACIÓN | OBJETIVO  |
|---------------------------|-----------|---|
| Comprobación de Hipótesis | 1         | Determinar si el estudiante comprende la diferencia entre correlación y causa-efecto.   |
|                           | 2         | Determinar la comprensión del estudiante frente a la necesidad de información con respecto a las acciones de la junta de libertad condicional.                          |
|                           | 3         | Determinar si el estudiante reconoce la necesidad de una encuesta antes y después de una campaña publicitaria.  |
|                           | 4         | Determinar la conciencia del estudiante frente a la necesidad de información objetiva.  |
|                           | 5         | Determinar si el estudiante reconoce que el aumento de dos décimas en las notas puede ser o no una buena evidencia para respaldar/refutar la afirmación del director.   |
| Razonamiento Verbal       | 6         | Determinar si el estudiante reconoce que el director está usando su propia definición de enseñanza.   |
|                           | 7         | Determinar si el estudiante reconoce la naturaleza circular de la definición del psicólogo del término “trastorno de personalidad autodestructiva”.                     |
|                           | 8         | Determinar que el alumno reconoce la falsa analogía que está utilizando el gobernador, comparando a los beneficiarios de la asistencia social con los enfermos mentales |
|                           | 9         | Determinar si el alumno reconoce la ambigüedad del término "conducta amenazante".   |
|                           | 10        | Determinar si el alumno reconoce que el candidato está usando una etiqueta, no una razón.   |
| Análisis de Argumento     | 11        | Determinar si el estudiante reconoce que el país podría tener una buena economía incluso si el gobierno no está haciendo un buen trabajo.                               |
|                           | 12        | Determinar si el estudiante identifica las partes clave de la declaración de un argumento: la conclusión, la(as) razón(es) y el contraargumento.                        |
|                           | 13        | Determinar si el estudiante puede generar una declaración de argumento que contenga una razón, una conclusión y un contraargumento.                                     |
|                           | 14        | Determinar si el estudiante puede reconocer una falacia de pendiente resbaladiza.   |
|                           | 15        | Determinar si el alumno puede dar una opinión, un motivo y una conclusión.  |



|  |    |  |
|--|----|--|
| Probabilidad e Incertidumbre               | 16 | Determinar si el estudiante comprende la probabilidad y la probabilidad de que ocurra un evento.   |
|  | 17 | Determinar si el estudiante comprende la probabilidad y la probabilidad de que ocurra un evento. Regresión hacia la media y la no probabilidad.  |
|  | 18 | Determinar si el estudiante comprende la probabilidad y la probabilidad de que ocurra un evento. Combinaciones.  |
|  | 19 | Determinar si el alumno puede identificar supuestos en la afirmación hecha en el artículo.   |
|  | 20 | Determinar si el alumno comprende la necesidad de un tamaño de muestra adecuado.   |
| Resolución de Problemas y Toma de Decisión | 21 | Determinar si el estudiante puede identificar claramente dos problemas asociados con este escenario y sugerir dos soluciones / acciones razonables para cada problema.   |
|  | 22 | Determinar si el estudiante reconoce la necesidad de obtener más información de una fuente creíble con respecto a otra opinión, los riesgos de no tomar el medicamento, las opciones de tratamiento y el costo vs. los beneficios. |
|  | 23 | Determinar si el alumno conoce las estrategias de resolución de problemas que resultan efectivas al realizar una prueba.   |
|  | 24 | Determinar si el alumno puede abordar razonablemente un problema cotidiano.  |
|  | 25 | Determinar si el alumno puede generar dos soluciones razonables, pero posiblemente creativas, al problema.   |

*Anexo 5. Dimensiones y objetivo por situación de prueba HCTAES - Halpern.*



**Nombre de la Unidad Didáctica:** Descubrir y Pensar desde nuestro Entorno

**Intencionalidad:** potenciar las habilidades de pensamiento crítico a través de la enseñanza y aprendizaje de los Ecosistemas colombianos.

**Grado al que se aplica:** sexto.

**Tiempo estimado de duración:** 4 semanas

**Estándar a desarrollar:** Identifico condiciones de cambio y de equilibrio en los seres vivos y en los ecosistemas.

### Contenidos Curriculares a Desarrollar

#### Conceptual

- Biodiversidad y generalidades de los ecosistemas colombianos.
- Ecosistemas Terrestres colombianos.
- Ecosistemas Intermedios colombianos.
- Ecosistemas Acuáticos colombianos.

#### Procedimental

- Argumentar con sus propias palabras y a criterio propio su visión sobre los conceptos empleados en el campo de los ecosistemas.
- Contextualizar y reflexionar las consecuencias de las acciones antrópicas no amigables con el entorno.
- Establecer diferencias entre las terminologías usadas en el tema.
- Generar hipótesis o teorías que permitan ir más allá de las actividades propuestas.
- Dar soluciones a problemáticas cercanas al contexto regional, nacional e internacional.

#### Actitudinal

- Participación dinámica al socializar respuestas de las actividades propuestas.
- Respeto por las demás posiciones que presentan los demás compañeros de clase.
- Capacidad de deducción y síntesis de lo visto en la clase.
- Cumplimiento con la función cuando se trabaja en grupo y respeto las funciones de las demás personas.
- Identificar y aceptar diferencias en las formas de vivir, pensar, solucionar problemas o aplicar conocimientos.
- Asumir con responsabilidad las entregas de los trabajos a tiempo.

### Competencias por Desarrollar

#### Uso Comprensivo del Conocimiento Científico

- Comprende que en un ecosistema las poblaciones interactúan unas con otras y con el ambiente físico.
- Reconoce los recursos renovables y no renovables del entorno, su importancia, los peligros a los que están expuestos y sus usos para la obtención de energía.

#### Indagación

- Comprende que a partir de la investigación científica se construyen explicaciones sobre el mundo natural.
- Utiliza algunas habilidades de pensamiento y de procedimiento para evaluar predicciones.
- Observa y relaciona patrones en los datos para evaluar las predicciones.
- Elabora y propone explicaciones para algunos fenómenos de la naturaleza basadas en conocimientos

#### Explicación de Fenómenos.

- Comprende que cada organismo es único pero muy similar a otros; ningún organismo puede vivir aislado y ninguna población puede vivir sin la interacción con su medio.
- Reconoce los recursos renovables y no renovables del entorno, su



importancia, los peligros a los que están expuestos y sus usos en la obtención de energía.

**Nivel de Prerrequisito:** Ecosistemas y sus tipos.

**Recursos:** computador, buena conexión a internet, manejo de paquete Microsoft Office.

**Evaluación:** es flexible puesto que tiene en cuenta las características del entorno en el que se ubica el proceso educativo, las particularidades, necesidades, posibilidades e intereses de cada alumno, así como los diferentes ritmos y estilos de aprendizaje que se adaptan a las técnicas, herramientas y procedimientos de evaluación, en este caso, se da mediante la participación en debates, realizando preguntas pertinentes y entregando sus deberes en los tiempos estipulados.

**Estrategia Metodológica:** interpretación de la información por medio situaciones problemas, lecturas a nivel científico, trabajo grupal e individual, al igual del desarrollo de pensamiento crítico por medio de foros interactivos.

### Planeación de Clase

| Criterio | Contenido de la Enseñanza                   | Modelo Didáctico.   | Finalidad de Enseñanza   | Secuencia de Clase   | Actividades y Tiempo  | Rol Docente y Estudiante   | Recursos   | Evaluación   |
|----------|---|---|--|--|---|--|--|--|
| 1        | Generalidad de Ecosistemas y Biodiversidad. | Constructivista donde el aprendizaje se da mediante experiencias con el fin de construir un conocimiento o más estable.<br><br>El proceso de aprendizaje se da mediante el proceso de | Conceptual:<br>Consolidar el concepto de Ecosistema.<br><br>Procedimental:<br>Construyo con mis propias palabras conceptos como Biodiversidad y Ecosistemas.<br><br>Desarrollo situaciones problemas aplicando los conceptos aprendidos.<br><br>Actitudinal:<br>Aprecio el trabajo en equipo.<br>Respeto las diferentes posiciones que tiene | INICACIÓN: en primera instancia, saludar a los estudiantes manera atenta y cordial, posterior a ello se procede a llamar a lista. Procede con la actividad del rompe hielo reconociendo las ideas de los estudiantes frente a los ecosistemas y la biodiversidad, concepto plasmado a través de plataforma Menti.<br><br>DESARROLLO: teniendo la participación de los estudiantes, proceder leer y socializar la | INICACIÓN:<br><br>5min. Llamar asistencia.<br><br>5min. Actividad rompe hielo<br><br>DESARROLLO:<br><br>10min. Situación problema de la sección Activa.<br><br>10min. Lectura de la noticia<br><br>FINALIZACIÓN:<br><br>15min. Responder a las preguntas de la sección Demostrando Habilidades.<br><br>5min. Responder a la evaluación. | Rol del Docente:<br>Orientador e indagador Formador Expositor.<br><br>El docente debe ser un guía, quien ofrezca un ambiente de autoaprendizaje, promovien | Computador.<br>Presentación Power Point.<br>Guía:<br>Biodiversidad Video Amazonía <a href="https://www.youtube.com/watch?v=DqowcHnfnFs">https://www.youtube.com/watch?v=DqowcHnfnFs</a><br>Noticia: Hace millones de años la tatarcoa era tan biodiversa como la amazonia. <a href="https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/hace-millones-de-anos-la-tatarcoa-era-tan-biodiversa-como-la-amazonia/51531">https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/hace-millones-de-anos-la-tatarcoa-era-tan-biodiversa-como-la-amazonia/51531</a><br>Menti. | Participación en las clases.<br><br>Deducción de conceptos a partir de los ejemplos propuestos.<br><br>Dominio de conceptos preliminares.<br><br>Capacidad de análisis y síntesis. |



construcción personal colectiva de los nuevos conocimientos, actitudes.

Valorar la importancia del empleo de las nuevas tecnologías en el área de las Ciencias Naturales.

Situación problema de la sección activa. Para luego, dar paso a la consolidación de los conceptos. Seguido de ello, se da el espacio para realizar la lectura de la noticia.

do la motivación del estudiante y así mismo sea él quien sea capaz de autocorregirse, autoevaluarse controlando su auto progreso.

Resolución de problemas.

Respeto por las opiniones de los demás compañeros.

Revisión de actividades realizadas en la clase.

Este tipo de modelo didáctico facilita evidenciar que no hay una única forma de resolver los problemas.

FINALIZACIÓN: para finalizar esta semana se procede a darles el espacio para que respondan a las preguntas de la sección Demostrando Habilidades, y, así proceder con la evaluación de lo visto en la semana.

Rol del Estudiante : Es el centro de la clase Productor de ideas

Computador. Guía: ¡Un país privilegiado! Video: Bosque Tropical. <https://www.youtube.com/watch?v=h1OcmQxASsE&list=PLB-UGSqsiv9iVJE1eF4eLrpfpbN6YIJ&index=6> Noticia: Riesgos ecológicos en Santurbán por minería ilegal. <https://www.eltiempo.com/vida/ciencia/riesgos-ecologicos-en-santurban-por-mineria-ilegal-136244> Menti

Conceptual: Reconocer las ideas previas sobre los ecosistemas terrestres en Colombia.

Exponer las características de los ecosistemas terrestres.

Identificar problemáticas ambientales que de los ecosistemas terrestres colombianos.

Procedimental: Desarrollo habilidades del pensamiento crítico mediante las

INICACIÓN: en primera instancia, saludar a los estudiantes manera atenta y cordial, posterior a ello se procede a llamar a lista. Posterior a ello, escuchar las respuestas dada por los estudiantes de la sección anterior. Luego, enseñar el video reflexivo y responder a una serie de preguntas respecto a este en plataforma Menti.

DESARROLLO: después de haber realizado la actividad en

INICACIÓN: 5min. Llamar asistencia y visualizar video.

10min. Debate sobre video en plataforma Menti.

DESARROLLO: 5min. Situación problema.

5min. Lectura noticia.

FINALIZACIÓN: 10min. Demostrando Habilidades solución.

10min: Intervención de respuesta a preguntas de



|  |   |  |
|--|---|--|
| <p>Desarrollo situaciones problemas aplicando los conceptos aprendidos.</p> <p>Actitudinal:<br/>Aprecio el trabajo en equipo.<br/>Respeto las diferentes posiciones que tiene mis compañeros frente el tema.</p> | <p>plataforma Menti, dar continuidad con la situación problema y posterior a ello hacer lectura de la noticia.</p> <p>FINALIZACIÓN:<br/>para finalizar esta semana se procede a darle espacio a los estudiantes de responder a las preguntas de la sección<br/>Demostrando Habilidad y finalizar con la solución de esta, escuchando a los estudiantes, y, así proceder con la evaluación de lo visto en la semana.</p> | <p>la sección Demostrando Habilidades.</p> <p>5min. Responder a la evaluación.</p> |
|--|---|--|

3

Ecosistemas Intermedios Colombianos

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>Conceptual:<br/>Identificar los ecosistemas intermedios de Colombia.</p> <p>Analizar las características y evolución de un ecosistema simulado.</p> <p>Procedimental:<br/>Desarrollo habilidades del pensamiento crítico mediante las actividades propuestas.</p> | <p>INICACIÓN: en primera instancia, saludar a los estudiantes manera atenta y cordial, posterior a ello se procede a llamar a lista.</p> <p>DESARROLLO:<br/>iniciar indagando si conocen algún ecosistema intermedio en la zona donde viven, dependiendo de las respuestas, mostrar un video que les permita identificarlos. Después de ello,</p> | <p>INICACIÓN:<br/>5min. Llamar asistencia.</p> <p>DESARROLLO:<br/>5min. Ronda de preguntas.<br/>5min. Observar video.<br/>20min. Exploración Google Earth del ecosistema intermedio local.</p> <p>FINALIZACIÓN:<br/>10min. Reflexión y comprensión de la importancia de los</p> |
|--|---|---|

Computador  
Guía: Ecosistemas “Anfibios”  
Video: buscar el apropiado.  
Menti.  
Google Earth



Desarrollo  
 NIT: 891 situaciones  
 problemas  
 aplicando los  
 conceptos  
 aprendidos.

Actitudinal:  
 Aprecio el trabajo  
 en equipo.  
 Respeto las  
 diferentes  
 posiciones que tiene  
 mis compañeros  
 frente el tema

mediante Google  
 Earth enseñarles el  
 comportamiento de  
 los humedales de  
 la zona más  
 cercana a través  
 del tiempo y gastar  
 el tiempo que sea  
 necesario para que  
 ellos saquen  
 conclusiones.

FINALIZACIÓN:  
 para finalizar esta  
 semana se  
 recomienda buscar  
 un video donde se  
 escuche una voz de  
 protesta sobre las  
 consecuencias de  
 las acciones  
 antropogénicas  
 sobre estos  
 ecosistemas, y, así  
 proceder con la  
 evaluación de lo  
 visto en la semana.

ecosistemas intermedios  
 para las aves migratorias,  
 esencialmente.

5min. Responder a la  
 evaluación.

4

Conceptual:  
 Identificar los  
 principales  
 ecosistemas  
 acuáticos de  
 Colombia.

Señalar las  
 características de  
 los ecosistemas  
 acuáticos  
 colombianos.

Procedimental:  
 Desarrollo  
 habilidades del  
 pensamiento crítico  
 mediante las

INICACIÓN: en  
 primera instancia,  
 saludar a los  
 estudiantes manera  
 atenta y cordial,  
 posterior a ello se  
 procede a llamar a  
 lista. Luego,  
 enseñar video de  
 los arrecifes de  
 coral como rompe  
 hielo.

DESARROLLO:  
 después de enseñar  
 video, leer y  
 responder a las  
 preguntas de la  
 situación problema

INICACIÓN:

5min. Llamar asistencia.

5min. Video reflexivo  
 sobre los arrecifes de  
 coral.

DESARROLLO:

10min. Leer y resolver  
 situación problema.

10min. Visualizar las  
 imágenes.

FINALIZACIÓN:

Computador.  
 Guía: ¡Tanta Agua  
 tiene nombre!  
 Video: Arrecifes.  
[https://www.youtu  
 be.com/watch?v=0  
 80z0cmsSms](https://www.youtube.com/watch?v=080z0cmsSms)  
 Menti



Desarrollo  
situaciones  
problemas  
aplicando los  
conceptos  
aprendidos.

Actitudinal:  
Aprecio el trabajo  
en equipo.  
Respeto las  
diferentes  
posiciones que tiene  
mis compañeros  
frente el tema

y así proseguir con  
la visualización de  
las imágenes sobre  
el río del oro.

FINALIZACIÓN:  
para finalizar esta  
última semana  
brindarles el  
espacio para que  
den solución a las  
preguntas de la  
sección  
Demostrando  
Habilidades, luego  
socializar las  
percepciones de  
los estudiantes, y,  
así proceder con la  
evaluación de lo  
visto en la semana.

20min. Resolver y  
socializar respuestas de  
la sección Desarrolla  
Habilidades.

5min. Responder a la  
evaluación.

---

**Anexo 6. Acción Pedagógica y Planeación de Clase.**



Anexo 7. Estructura Unidad Didáctica, aplicada a los estudiantes.



# DESCUBRIR Y PENSAR DESDE NUESTRO ENTORNO

---



# ¿Estamos Listos?

**¡ANÍMATE!** Aprenderemos muchísimas cosas nuevas.



Ten buena actitud



Participa activamente



Pregunta TODO



Interactúa con tus compañeros



Ten mucha imaginación



Diviértete



Sigue preguntando...





*¡Levanta la mano!*



**¿Sabes qué es un ecosistema?**



**Construyamos nuestro propio concepto...**



**Gana una semilla**



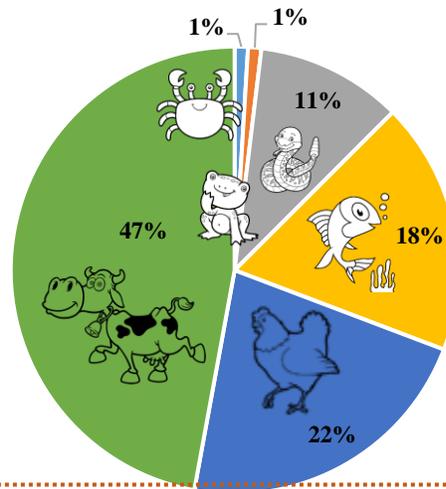
## ¡Hoy aprenderemos algo nuevo!

Existen 62829 especies en Colombia, de las cuales 1345 se encuentran amenazadas, 1514 son objeto de comercio y 922 son invasoras o trasplantadas.

La degradación y pérdida de hábitat afecta a cerca del 85% de las especies. Esto impacta indirectamente nuestra forma de vida y hábitos alimenticios.

### La biodiversidad

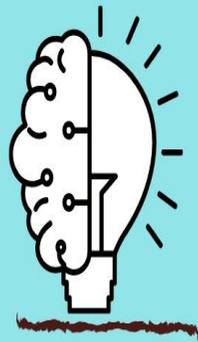
■ Crustáceos ■ Anfibios ■ Reptiles ■ Peces ■ Aves ■ Mamíferos



¿Qué porcentajes de mamíferos, aves y peces consumimos?

¿Cuáles son las especies que se consumen en menor proporción?  
¿Cuál crees que es la razón?

¿Qué crees que podría suceder con las especies de mamíferos, aves y peces, si se continúa alterando sus ecosistemas y consumiendo con la misma tendencia?



## DESAFIO

# 1



Gana 1 semilla

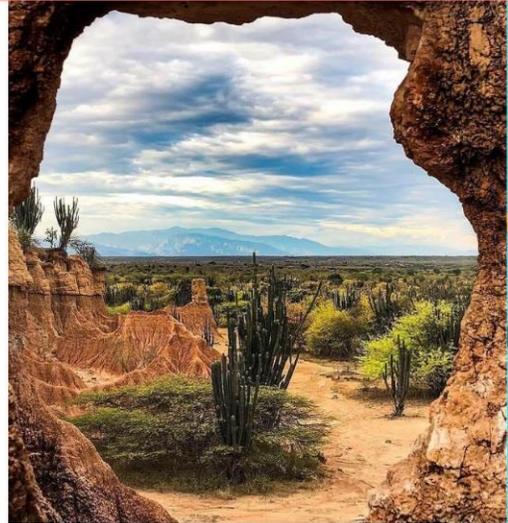
**23 DE JUNIO DE 2020 - REVISTA SEMANA**

# **HACE MILLONES DE AÑOS, LA TATACOA ERA TAN BIODIVERSA COMO LA AMAZONIA**

La biodiversidad registrada en el desierto de la Tatacoa pudo haber sido muy similar a la que tiene la Amazonia: con aves, mamíferos, peces, anfibios y plantas acuáticas y terrestres, entre muchas otras especies.

Catalina Suárez, geóloga egresada de la Universidad

Nacional y doctora en Paleontología de la Universidad de La Plata (Argentina), quien durante años se ha dedicado a estudiar las particularidades de este desierto, ubicado entre los departamentos de Tolima y Huila, explica que los estudios que se han realizado a lo largo de más de 100 años permiten determinar que en el lugar hubo una importante diversidad de fauna y flora. Los distintos análisis concluyen que allí habitó un importante número de especies de fauna de distintos géneros, junto con una gran diversidad de plantas y árboles frutales, que servían de alimentos a los mamíferos. "El análisis de los dientes de los fósiles permiten determinar que muchos de ellos se alimentaban de plantas y frutas, lo que hace suponer que allí hubo un gran bosque", dice Suárez.





En este majestuoso lugar, que cuenta con una extensión superior a los 300 kilómetros cuadrados, existieron algunas especies que se han familiarizado con las que existen hoy en la Amazonia colombiana, entre estas, peces similares a los que habitan actualmente la región del Orinoco. Para Suárez, esto muestra que hubo algún tipo de relación de cuerpos de agua de la Tatacoa con el Orinoco. De hecho, los estudios evidencian que en la Tatacoa se presentaban épocas de sequía, pero también de inundaciones. La presencia de algunas plantas hace presumir que se trató de un lugar con importantes niveles de lluvia.

"En el mundo no se ha encontrado una fauna fósil que tenga tantas especies de primates y de murciélagos como la hallada en este lugar", dice la experta.

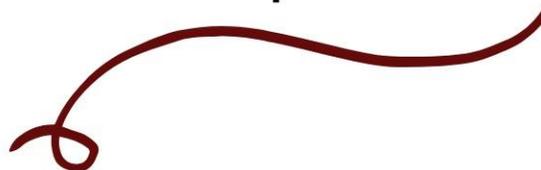


**Los restos fósiles encontrados en esta zona y en lugares cercanos al valle superior del río Magdalena, son una importante referencia y una ascendencia indispensable para el estudio de numerosos animales vertebrados de América del Sur, dijo la investigadora.**



**Además, esta zona es una de las de mayor número de especies reconocidas que existieron durante el Neógeno en Suramérica. De acuerdo con los registros existentes basados en los distintos análisis que durante más de un siglo han realizado los científicos, en el lugar hubo más de 80 especies de mamíferos, más de 20 de peces, al menos dos de anfibios, cinco de aves y más de 25 de reptiles, de las cuales 10 corresponden a cocodrilos.**

**Los hallazgos recopilados a través de los años permitieron determinar que la gran mayoría de especies de mamíferos se alimentaban de ramas y frutos de los árboles y solo dos lo hacían de pastos.**



De acuerdo con los diversos estudios, en la Tatacoa también existió un *purussaurus neivensis*: el caimán más grande del que se tiene registro en el país. Suárez dice que se presume que ese era el depredador más importante de esa época en la zona. Sin embargo, también hubo un grupo de pariente de las zarigüeyas que también cumplían con la función de depredadores. *"Los animales más grandes eran presa del caimán, pero los otros que no eran de gran tamaño, eran alimento de los marsupiales"*, manifiesta.

Por aquella época, hace miles de millones de años, también existieron los gliptodontes que se conocen como parientes de los armadillos. En reptiles, los estudios indican que en el lugar habitó una de las tortugas (*stupendemys*) más grandes que ha existido en el planeta, la cual también hacía presencia en Venezuela.

Suárez precisa, que encontrar huesos de aves y anfibios es muy significativo pues estos normalmente son muy débiles y delgados y por lo mismo son muy difíciles de preservar como fósiles.



FOTOS: Corponor

# DEMOSTRANDO HABILIDADES



## ¿CUÁNTO PUEDES LOGRAR? ¡QUEREMOS VERLO!

¿Qué tipo de factores o interacciones crees que hayan actuado en el ecosistema actual del bosque seco tropical "desierto la tatacoa"?

¿Qué pregunta le harías a la paleontóloga Suárez en lo que respecta tema desarrollado en el artículo noticioso?



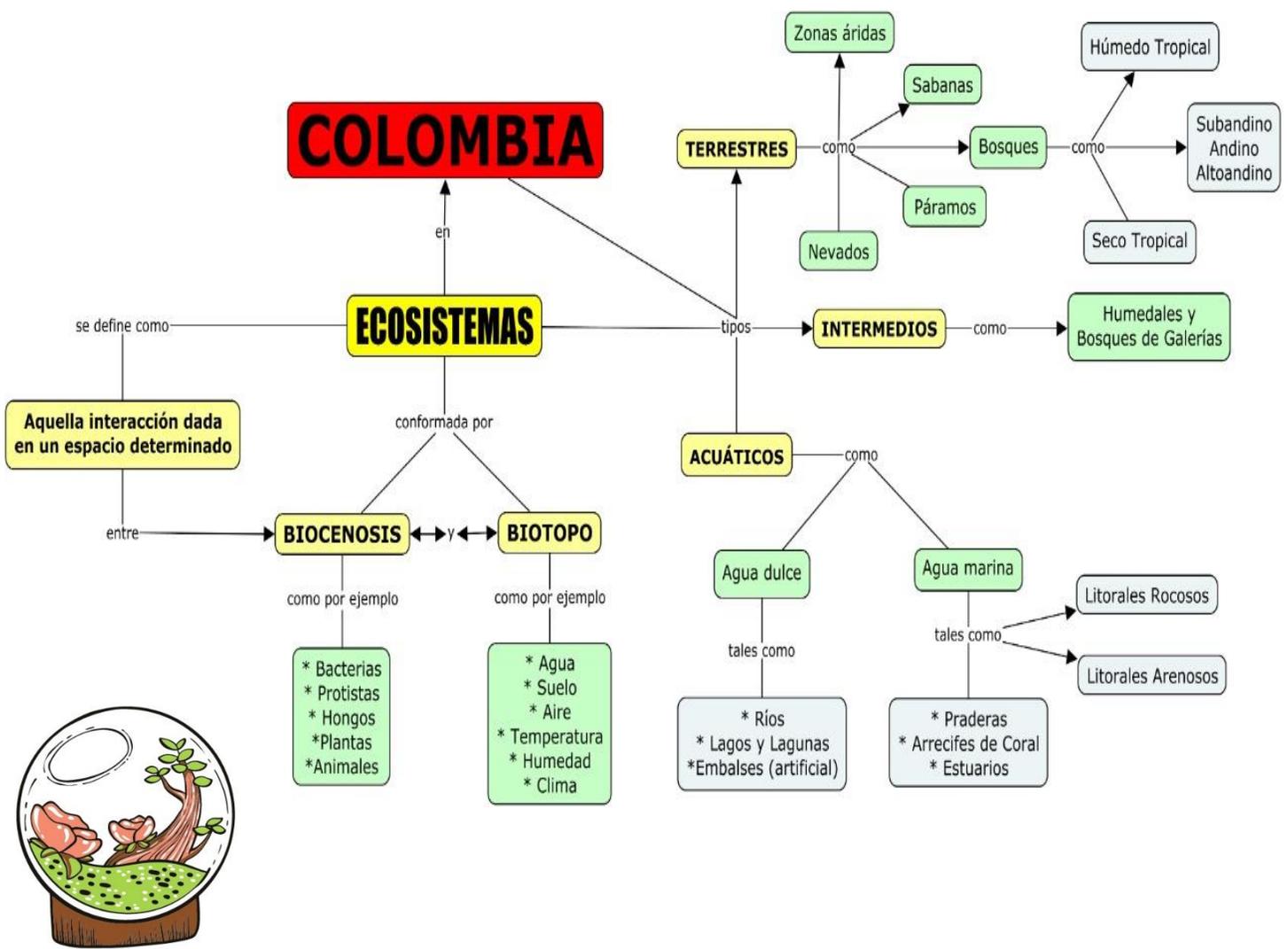
¿Cómo explicarías el fragmento de la lectura subrayado en color rosa?

¿Qué hubiese pasado si las condiciones ambientales en el bosque seco tropical "desierto la Tatacoa" no hubiese cambia hace millones de años?

Propón una idea que permita proteger y conservar la flora y fauna de este ecosistema.



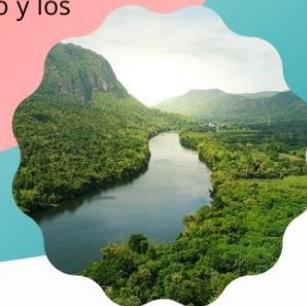
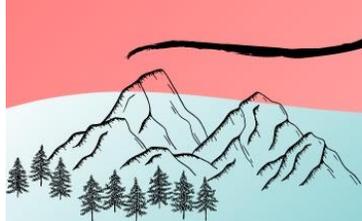
# Generalidades Conceptuales



# UN PAÍS PRIVILEGIADO

## ACTÍVATE

Los ecosistemas terrestres de Colombia son muy variados, contamos con selvas lluviosas y secas, sabanas, bosques de clima templado, altoandinos, de niebla y páramos; además, poseemos tres lugares con mayor número de especies únicas en el mundo: parte del Amazonas, el Chocó biogeográfico y los macizos montañosos de nuestras tres cordilleras.



¿Cuántas especies únicas en el planeta conoces que habitan en Colombia?

¿Cuáles crees que están en extinción?

## DESAFIO

### 2

Gana 1 semilla



# EL DEBATE SOBRE RIESGOS ECOLÓGICOS EN SANTURBÁN

## Anla Vs Minesa

El pasado 29 de agosto, la Sociedad Minera de Santander (Minesa), propiedad del grupo árabe Mubadala, radicó ante la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (Anla) el estudio de impacto ambiental que tendría el proyecto de explotación de oro Soto Norte, el cual pretende trabajar durante los próximos 25 años en los municipios de California y Suratá, en Santander, muy cerca del páramo de Santurbán.

Los documentos que adjuntó la empresa –un paquete de más de 5.000 páginas con información sobre el proyecto, la caracterización del área de influencia, la zonificación de manejo ambiental, la demanda de recursos naturales de Minesa, el plan de manejo ambiental, el plan de compensación por pérdida de biodiversidad, entre muchos otros– serán evaluados durante los próximos 90 días por la Anla. El área de influencia biótica del proyecto se encuentra en la Provincia Biogeográfica Norandina, en el distrito Biogeográfico Páramo de Santander-cordillera Oriental, que cuenta con 29 ecosistemas de origen natural. Allí se encontraron 7 especies de anfibios, 9 de reptiles, 126 de aves y 40 de mamíferos, según uno de los estudios.



El meollo detrás de este proyecto pasa por diferentes aspectos. Durante varios años los páramos se han convertido en el epicentro de la discordia cuando de conservación de la naturaleza y desarrollo económico se habla. A los ambientalistas y a algunos líderes políticos no les termina de calar la idea de que el país le apueste a un modelo económico que podría poner en riesgo la salud de estos ecosistemas estratégicos, que abastecen de agua al 70 por ciento de la población de Colombia.



*"Todo proyecto megaminero afecta de manera drástica los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos. El bioma comprende el páramo de Santurbán así ellos desarrollen su proyecto bajo la línea que se trazó para delimitarlo. El bosque alto andino es un ecosistema que no entiende de fronteras", asegura **Orlando Beltrán**, ingeniero especialista en derecho del medioambiente y miembro del Comité para la Defensa del Agua.*

Solo el documento de Evaluación de Impacto Ambiental, con 513 páginas de datos, advierte que el proyecto "alterará los ecosistemas, cambiará la cobertura boscosa y por ende se alterará el funcionamiento y dinamismo de las poblaciones de fauna silvestre, algunas comunidades y ciertas especies con alto grado de conservación".

*"Igualmente, el tráfico de la maquinaria requerida para la construcción de la mina puede generar aumentos en la escorrentía de aceites y combustibles a los cuerpos de agua; las excavaciones subterráneas y voladuras generan vibraciones que se transmiten fácilmente por el medio acuático generando cambios en el comportamiento de peces e invertebrados; el establecimiento de nuevos campamentos implica un aumento en la demanda del recurso hídrico, además de generar vertimientos de tipo doméstico (aguas negras y grises), y la construcción de obras civiles genera escorrentía de desechos de construcción como cemento, arena y polvillo que afectan la transparencia de algunos cuerpos de agua", continúa más adelante el informe.*





Sin embargo, en entrevista con EL TIEMPO, el director de sostenibilidad de Minesa, Juan Camilo Montoya, asegura que tienen una red de monitoreo que les ayudará a medir la calidad del agua en 56 puntos diferentes para conocer y estimar cuánta agua subterránea se puede infiltrar a la mina durante el proceso y cuánta agua tendrá que ser tratada para devolverla en óptimas condiciones a los ríos.

Lo que él rescata de Soto Norte es que no utilizará cianuro ni mercurio durante sus procesos, por lo que, cree, serán “los principales promotores para corregir los impactos ambientales actuales que la minería tradicional ha dejado en la zona. Porque, me imagino, los ambientalistas se oponen es a la minería mal hecha, tanto pequeña como a gran escala,

*“Nosotros tenemos todo el soporte técnico para decirle a la región que no habrá ninguna afectación en el suministro de agua de Bucaramanga y que esas fuentes hídricas que están dentro de la zona de influencia del proyecto van a ser monitoreadas y van a recuperar sus caudales después de nuestro proyecto minero. Tenemos 53 programas de gestión para tratar los posible impactos ambientales”, dice **Juan Camilo Montoya.***

y no a la que se hace con la última tecnología, como esta”. Según Montoya, hasta el momento, han reforestado con más de 88.000 árboles nativos, retirado 360 toneladas de arenas contaminadas que estaban en la quebrada La Baja, desmontando plantas de minería antigua y algunas bocaminas que dañaban el ecosistema; y a largo plazo, esperan generar más de 1.000 empleos directos y 4.000 indirectos. Aunque el alcalde de Bucaramanga, Rodolfo Hernández, se ha opuesto públicamente al proyecto de Minesa y convocó a la ciudadanía a mostrar su descontento en las calles el próximo 6 de octubre, los alcaldes del área de influencia sí se montaron al bus de la explotación de oro “bien hecha”.

# DEMOSTRANDO HABILIDADES



## ¿CUÁNTO PUEDES LOGRAR? ¡QUEREMOS VERLO!

¿Cuáles serían los impactos de las prácticas mineras en los páramos? Sin importar los métodos empleados.

Genera una pregunta para el director de Minesa sobre el posible tratamiento de aguas residuales.

¿Cuál es tu posición frente a los argumentos de las dos partes en el proyecto de Santurbán? Razona

Si se hubiese aprobado el proyecto de megaminería subterránea en el páramo de Santurbán, ¿Cuál crees que habría sido el MAYOR impacto ambiental?

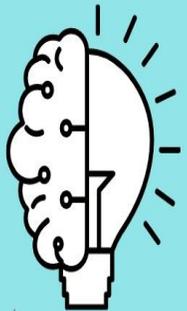
Si fueras el director del proyecto ¿Cómo responderías a los argumentos presentados por la oposición?



# ECOSISTEMAS "Anfibios"

## ACTÍVATE

En el año 2003, algunos humedales de Bogotá fueron declarados Áreas Importantes para la Conservación de las Aves de Colombia y del Mundo - AICAS - debido a que son ecosistemas en donde muchas de ellas llegan después de largos periodos de migración, como por ejemplo el patiamarillo; también porque albergan especies endémicas como la tingua bogotana.



### DESAFIO

### 3

¿Por qué razones crees que los pastizales de la ciudad son también importantes para las aves?

¿Cuál es el impacto de las constructoras en tu ciudad?

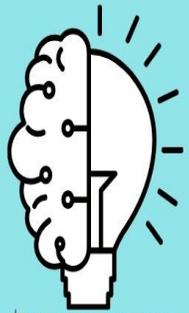
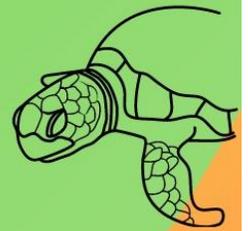


Gana 1 semilla

# ¡Tanta agua tiene nombre!

## ACTÍVATE

El pez león es una especie cuyo hábitat natural son las lagunas costeras, y los arrecifes del océano Índico tropical y el Pacífico occidental. Sin embargo, fue introducido en nuestro país y ha causado alteraciones en las ecosistemas, pues pone más de 2000000 de huevos al año, no tiene depredador natural en nuestro país y se alimenta de peces nativos que habitan en los arrecifes de coral.



### DESAFIO

### 4

¿Qué crees que se podría hacer frente a la amenaza del pez león en nuestros ecosistemas?

¿Cuáles son las fuentes hidrográficas de tu ciudad?



Gana 1 semilla

# CONTEXTUALIZANDO...



**¡EL RIO  
DEL ORO  
AGONIZA!**



# DEMOSTRANDO HABILIDADES



¿CUÁNTO PUEDES LOGRAR?  
¡QUEREMOS VERLO!

¿Cuál ha sido la posición que guarda la contaminación de fuentes hídricas "rio del oro" respecto a su entorno?

Plantea una propuesta para el alcalde de tu ciudad sobre la conservación y protección de las principales fuentes hídricas.

¿Consideras que el agua es trascendental para la biocenosis en un ecosistema? Argumenta.

¿Qué consecuencias se tendría si los corales se extinguieran hoy?

¿Qué alternativas o métodos se podría emplear para mitigar el impacto negativo en el tratamiento del agua potable?



# ¡COLECCIONA!

**+**

**COLECCIONA TUS SEMILLAS**



**+**

|                           |                                 |                            |                                   |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| <b>LEVANTA LA MANO</b>    | <b>DESAFÍO 1: BIODIVERSIDAD</b> | <b>DESAFÍO 1: LECTURA</b>  | <b>DESAFÍO 2: ACTÍVATE</b>        |
| <b>DESAFÍO 2: LECTURA</b> | <b>DESAFÍO 3: ACTÍVATE</b>      | <b>DESAFÍO 4: ACTÍVATE</b> | <b>DESAFÍO 4: CONEXTUALIZANDO</b> |

**+**

**COLECCIONA TUS SEMILLAS**



**+**

|                    |                        |                               |
|--------------------|------------------------|-------------------------------|
| <b>LA AMAZONÍA</b> | <b>BOSQUE TROPICAL</b> | <b>HUMEDALES</b>              |
| <b>ARRECIFES</b>   | <b>HOGAR</b>           | <b>¿CUANTAS RECOLECTASTE?</b> |



# ¿QUÉ TAL TE FUE?



## AL FINALIZAR ...



Tienes el dominio global de los términos utilizados en la unidad.

Cooperas en los trabajos de grupo y respetas las ideas de sus compañeros.

Reconoces los principales ecosistemas colombianos y sus características.

Reflexionas, analizas y relacionas los conceptos generales con las problemáticas de contexto.

Te comunicas de forma oral y escrita en las actividades propuestas con argumentos claros.

