



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 20 DE ENERO DE 2022

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

FARID MONTAÑA MARÍN, con C.C. No. 1081408953

SERGIO EDUARDO TOVAR ARTEAGA, con C.C. No. 1075281885

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado

Titulado "FORTALECIMIENTO DEL RAZONAMIENTO ABDUCTIVO EN LOS ESTUDIANTES DEL GRADO QUINTO DEL COLEGIO CLARETIANO DE NEIVA – HUILA POR MEDIO DE LA GEOMETRÍA FRACTAL COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA INTERDISCIPLINAR." presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de MAGISTER 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" FARID MONTAÑA MARÍN y SERGIO EDUARDO TOVAR ARTEAGA, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE: FARID MONTAÑA MARÍN

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE: SERGIO TOVAR ARTEAGA

Firma: \_\_\_\_\_



<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 3</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** FORTALECIMIENTO DEL RAZONAMIENTO ABDUCTIVO EN LOS ESTUDIANTES DEL GRADO QUINTO DEL COLEGIO CLARETIANO DE NEIVA – HUILA POR MEDIO DE LA GEOMETRÍA FRACTAL COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA INTERDISCIPLINAR

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Montaña Marín	Farid
Tovar Arteaga	Sergio Eduardo

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Montealegre Cárdenas	Mauro

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Perdomo	Oscar Iván

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE: MAGISTER EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD**

**FACULTAD DE: CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**PROGRAMA O POSGRADO: MAESTRÍA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD**

**CIUDAD: NEIVA – HUILA AÑO DE PRESENTACIÓN: 2022 NÚMERO DE PÁGINAS: 179.**

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



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 3</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

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

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

**MATERIAL ANEXO:**

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

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

Español

Inglés

- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| 1. Inteligencias múltiples | Multiple intelligences |
| 2. Estilos de aprendizaje  | Learning styles        |
| 3. Razonamiento abductivo  | Abductive reasoning    |
| 4. Geometría fractal       | Fractal geometry       |
| 5. Interdisciplinariedad   | Interdisciplinarity    |
| 6. Educación               | Education              |

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

El propósito de esta investigación es potencializar el razonamiento abductivo por medio de estrategias didácticas interdisciplinar que vinculan las inteligencias múltiples, estilos de aprendizaje; Visual, Auditivo y Kinestésico (VAK) usando como recurso la geometría fractal para la elaboración de las guías de aprendizaje y aplicarlas a los estudiantes de quinto grado de escolaridad. El estudio fue desarrollado en el Colegio Claretiano de Neiva, institución educativa de carácter privado. El proyecto se fracciona en tres etapas. La primera comprende la caracterización de las inteligencias múltiples, estilos de aprendizaje VAK y razonamiento adictivo por medio de cuestionarios. En la segunda etapa se estructura estrategias didácticas interdisciplinares con ayuda de redes complejas implementado el programa *Gephi*. La tercera y última etapa se realiza el análisis del impacto de la estrategia didáctica por medio de la minería de datos implementado el software *Weka*. El análisis de resultados obtenidos demuestra la potencialización del razonamiento abductivo por medio de la geometría fractal reconociendo las ciencias de la complejidad y la importancia de complejizar la educación.



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The purpose of this research is to enhance abductive reasoning through interdisciplinary didactic strategies that link multiple intelligences, learning styles; Visual, Auditory and Kinesthetic (VAK) using fractal geometry as a resource for the development of learning guides and apply them to fifth grade students. The study was carried out at the Claretian School of Neiva, a private educational institution. The project is divided into three stages. The first stage comprises the characterisation of multiple intelligences, VAK learning styles and additive reasoning by means of questionnaires. In the second stage, interdisciplinary didactic strategies are structured with the help of complex networks using the Gephi programme. The third and last stage is the analysis of the impact of the didactic strategy by means of data mining using Weka software. The analysis of the results obtained shows the potential of abductive reasoning by means of fractal geometry, recognising the sciences of complexity and the importance of making education more complex.

#### APROBACION DE LA TESIS

Nombre presidente Jurado: EDINSON OSWALDO DELGADO RIVAS

Firma:

Nombre Jurado: CHRISTIAN CAMILO CORTES

Firma:



UNIVERSIDAD  
**SURCOLOMBIANA**

NIT: 891180084-2



**FORTALECIMIENTO DEL RAZONAMIENTO ABDUCTIVO EN LOS  
ESTUDIANTES DEL GRADO QUINTO DEL COLEGIO CLARETIANO DE NEIVA  
– HUILA POR MEDIO DE LA GEOMETRÍA FRACTAL COMO ESTRATEGIA  
DIDÁCTICA INTERDISCIPLINAR**

**FARID MONTAÑA MARÍN  
20201190745  
SERGIO EDUARDO TOVAR  
20201190746**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
MAESTRÍA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
NEIVA - HUILA.  
2021**



UNIVERSIDAD  
**SURCOLOMBIANA**

NIT: 891180084-2



**FORTALECIMIENTO DEL RAZONAMIENTO ABDUCTIVO EN LOS  
ESTUDIANTES DEL GRADO QUINTO DEL COLEGIO CLARETIANO DE NEIVA  
– HUILA POR MEDIO DE LA GEOMETRÍA FRACTAL COMO ESTRATEGIA  
DIDÁCTICA INTERDISCIPLINAR**

Trabajo de Investigación presentado como requisito para la obtención del Título de  
Magíster en Estudios Interdisciplinarios de la Complejidad

**FARID MONTAÑA MARÍN**  
20201190745  
**SERGIO EDUARDO TOVAR**  
20201190746

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**  
**MAESTRÍA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**  
**NEIVA - HUILA.**  
**2021**



**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**  
**MAESTRIA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN**

**NOMBRE DE LA TESIS:** “FORTALECIMIENTO DEL RAZONAMIENTO ABDUCTIVO EN LOS ESTUDIANTES DEL GRADO QUINTO DEL COLEGIO CLARETIANO DE NEIVA – HUILA POR MEDIO DE LA GEOMETRÍA FRACTAL COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA INTERDISCIPLINAR.”

**AUTORES:** FARID MONTAÑA MARÍN - SERGIO EDUARDO TOVAR

**JURADOS:** EDINSON OSWALDO DELGADO RIVAS - CHRISTIAN CAMILO CORTES

<b>CRITERIO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
1. Se involucra significativamente con el <b>Pensamiento Complejo o Ciencias de la complejidad.</b>	Si, de forma clara se involucró significativamente con el Pensamiento Complejo o Ciencias de la complejidad en el planteamiento del problema, su marco teórico, los objetivos y su metodología.
2. Los antecedentes que presenta son <b>coherentes</b> con el planteamiento del problema.	Si, explícitamente se evidenció en la sustentación
3. Presenta de manera clara y concisa la Metodología usada en la investigación.	Si, explícitamente se evidenció en la metodología se evidenció el diseño experimental, los instrumentos y las técnicas usadas
4. Hay coherencia entre el (los) objetivo(s), la(s) pregunta(s) de investigación y los resultados obtenidos.	Si, claramente se evidenció la relación y coherencia entre los





	objetivos, la pregunta y los resultados obtenidos
5. Construye una revisión Bibliográfica Completa, acerca de la temática en la que se enmarca la investigación.	Si, se evidencia una revisión Bibliográfica Completa
6. Cruza apropiadamente las referencias.	Si, se evidencia apropiadamente el cruce de referencias
7. Profundiza, argumenta y aportes sobre la Temática.	Si, explícitamente se evidencia los aportes en el campo de estudio
8. Interrelaciona apropiadamente la Teoría con la Práctica.	Si, se evidencia de forma explícita el proceso de implementación
9. Beneficio social de la propuesta.	Si, se evidencia de forma explícita el impacto de la investigación
10. El documento presenta buena redacción, ortografía y está libre de errores orto-tipográficos.	Si, se evidencia buena estructuración del documento, sin embargo, se recomienda realizar una revisión en el estilo de redacción revisando la ortografía al detalle.
11.El documento atiende a las normas APA	Si, se evidencia uso adecuado de normas APA

Aprobado: \_\_\_\_\_ X \_\_\_\_\_



No Aprobado:

Observaciones de la Sustentación: Se evidenció claridad, dominio, coherencia solución al problema de investigación argumentando de forma asertiva cada una de las respuestas a las preguntas del jurado evaluador. FELICITACIONES

FIRMAS: ASESORES /  
JURADOS:

ESTUDIANTES:

CÓDIGO:

20201190745

20201190746

CIUDA NEIVA, HUILA  
D:

FECHA 13 / 01 / 2022

:

*Evaluación de la sustentación de tesis*

Si dentro de las observaciones, el trabajo es considerado meritorio se debe argumentar el porqué:



**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
MAESTRIA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN**

**NOMBRE DE LA TESIS:** “FORTALECIMIENTO DEL RAZONAMIENTO ABDUCTIVO EN LOS ESTUDIANTES DEL GRADO QUINTO DEL COLEGIO CLARETIANO DE NEIVA – HUILA POR MEDIO DE LA GEOMETRÍA FRACTAL COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA INTERDISCIPLINAR.”

**AUTORES:** FARID MONTAÑA MARÍN - SERGIO EDUARDO TOVAR

**JURADOS:** EDINSON OSWALDO DELGADO RIVAS - CHRISTIAN CAMILO CORTES

<b>CRITERIO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
<p>1. Se involucra significativamente con el <b>Pensamiento Complejo o Ciencias de la complejidad.</b></p>	<p>Dado que aplicaron una estrategia pedagógica interesante, novedosa, y el cual explora nuevos métodos de enseñanza en la educación básica primaria, considero que cumple a cabalidad con el criterio.</p>



<p>2. Los antecedentes que presenta son <b>coherentes</b> con el planteamiento del problema.</p>	<p>Cumple satisfactoriamente con el criterio.</p>
<p>3. Presenta de manera clara y concisa la Metodología usada en la investigación.</p>	<p>La metodología que usaron es interesante y atiende a los objetivos planteados en el proyecto. Además, interrelaciona de manera adecuada las herramientas adquiridas en el plan de estudios de la maestría para dar solución a la problemática y medición impacto. Sin embargo, sugiero una formalización de la idea, o uso de otra herramienta estadística, para responder al impacto que causó la estrategia de aprendizaje en la muestra seleccionada, debido a que los árboles de decisión implementados para dos muestras pareadas no lograron responder de manera simple al impacto de la estrategia.</p>
<p>4. Hay coherencia entre el (los) objetivo(s), la(s) pregunta(s) de investigación y los resultados obtenidos.</p>	<p>Cumple a cabalidad con el criterio siempre y cuando formalicen, o cambien, la herramienta estadística para mostrar el impacto que causó la estrategia implementada.</p>
<p>5. Construye una revisión Bibliográfica Completa, acerca de la temática en la que se enmarca la investigación.</p>	<p>Cumple con el criterio.</p>



6. Cruza apropiadamente las referencias.	Cumple con el criterio.
7. Profundiza, argumenta y aporta sobre la Temática.	Cumple con el criterio.
8. Interrelaciona apropiadamente la Teoría con la Práctica.	Cumple con el criterio
9. Beneficio social de la propuesta.	Interesante propuesta y que responde a una problemática educativa.
10. El documento presenta buena redacción, ortografía y está libre de errores orto-tipográficos.	Cumple parcialmente con el criterio. Sugiero una relectura del documento para mejorar la redacción. Sugiero que muestren de manera simple y acertada las respuestas arrojadas en los árboles de decisiones implementados.
11. El documento atiende a las normas APA	Cumple con el criterio.

Aprobado: X

No Aprobado:

---

Observaciones de la Sustentación: Excelente sustentación y del cual expusieron con claridad gran parte de los antecedentes, planteamiento del problema, objetivos, metodología y los resultados de la investigación. Durante la exposición, faltó mencionar los tipos de razonamiento abductivo. Es de resaltar las diversas actividades que implementaron con los estudiantes para fortalecer el razonamiento



abductivo, y del cual hicieron uso de los fractales como vertebra de cada actividad. Respondieron de manera acorde las preguntas planteadas por los jurados.

FIRMAS: ASESORES /  
JURADOS:

ESTUDIANTES:

CÓDIGO:

Christian Camilo Cortes García

20201190745

20201190746

CIUDA Neiva  
D \_\_\_\_\_

FECHA 14 de enero del 2022  
: \_\_\_\_\_

*Evaluación de la sustentación de tesis*

Si dentro de las observaciones, el trabajo es considerado meritorio se debe argumentar el porqué:



## AGRADECIMIENTOS

*A Dios su gracia, amor y fortaleza para avanzar. A mi mamá y papá por su apoyo incondicional.*

*A Farid por su dedicación y entrega en este viaje.*

*A mis amigos cercanos, Sebastián, camilo, Germán, Allison que me escucharon las risas, las lágrimas y aprendizajes de esta etapa.*

*Y por supuesto a nuestro asesor Oscar Iván por su paciencia y aportes.*

*También agradecer a los profesores que fueron de gran ayuda, Manuel Ovalle, Mauro, por su valiosa guía y dirección.*

*Sergio Tovar Arteaga*

*Al universo y a la vida por brindarme la oportunidad de avanzar en mi formación académica. A mi madre María Yaned, mis hermanos; Juan Haiver, Jackeline, Maribel, Angie Paola y a mis sobrinos por el apoyo categórico en este proceso.*

*A Sergio por su dedicación y entrega. Igualmente, a nuestro asesor Oscar Iván, y al profesor Mauro por una de las apreciaciones.*

*Al colegio Claretiano de Neiva, a mis compañeros del área de matemáticas, a mis amigos por su apoyo incondicional y a los estudiantes por su total disposición.*

*Farid Montaña Marín*



## RESUMEN

El propósito de esta investigación es potencializar el razonamiento abductivo por medio de estrategias didácticas interdisciplinarias que vinculan las inteligencias múltiples, estilos de aprendizaje; Visual, Auditivo y Kinestésico (VAK) usando como recurso la geometría fractal para la elaboración de las guías de aprendizaje y aplicarlas a los estudiantes de quinto grado de escolaridad. El estudio fue desarrollado en el Colegio Claretiano de Neiva, institución educativa de carácter privado. El proyecto se fracciona en tres etapas. La primera comprende la caracterización de las inteligencias múltiples, estilos de aprendizaje VAK y razonamiento abductivo por medio de cuestionarios. En la segunda etapa se estructura estrategias didácticas interdisciplinarias con ayuda de redes complejas implementado el programa *Gephi*. La tercera y última etapa se realiza el análisis del impacto de la estrategia didáctica por medio de la minería de datos implementado el software *Weka*. El análisis de resultados obtenidos demuestra la potencialización del razonamiento abductivo por medio de la geometría fractal reconociendo las ciencias de la complejidad y la importancia de complejizar la educación.

**Palabras claves:** Inteligencias múltiples, estilos de aprendizaje, razonamiento abductivo, geometría fractal, interdisciplinariedad, complejidad, educación.





## ABSTRACT

The purpose of this research is to enhance abductive reasoning through interdisciplinary didactic strategies that link multiple intelligences, learning styles; Visual, Auditory and Kinesthetic (VAK) using fractal geometry as a resource for the development of learning guides and apply them to fifth grade students. The study was carried out at the Claretian School of Neiva, a private educational institution. The project is divided into three stages. The first stage comprises the characterisation of multiple intelligences, VAK learning styles and additive reasoning by means of questionnaires. In the second stage, interdisciplinary didactic strategies are structured with the help of complex networks using the Gephi programme. The third and last stage is the analysis of the impact of the didactic strategy by means of data mining using Weka software. The analysis of the results obtained shows the potential of abductive reasoning by means of fractal geometry, recognising the sciences of complexity and the importance of making education more complex.

**Keywords:** Multiple intelligences, learning styles, abductive reasoning, fractal geometry, interdisciplinarity, complexity, education.



## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	19
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	21
2.1 Descripción del problema.....	21
2.2 Sistematización del problema.....	23
2.3 Enunciación del Problema.....	24
3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	24
3.1 Antecedentes.....	24
3.1.1 Internacionales.....	24
3.1.2 Nacionales.....	26
3.1.3 Regionales.....	29
3.2 Justificación.....	32
4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	34
4.1 Ciencia de la Complejidad.....	34
4.2 Educación y Complejidad.....	45
4.3 Geometría Fractal.....	52
4.3.1 Tipos de fractales.....	58
4.3.1.1 Fractales lineales.....	58
4.3.1.2 Fractales no lineales.....	61
4.3.2 Aplicaciones de fractales.....	63
4.3.2.1 Medicina.....	66



4.3.2.2	Tecnología de las comunicaciones .....	67
4.3.2.3	Geología.....	68
4.3.3	Geometría Fractal y Caos.....	70
4.4	Pensamiento Abductivo.....	72
4.4.1	Propuesta de Paul Thagard.....	76
4.4.2	Propuesta Umberto Eco. ....	80
4.5	Currículo no lineal .....	83
4.6	Red compleja .....	89
5.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	93
5.1	Objetivo general .....	93
5.2	Objetivos Específicos .....	93
6.	METODOLOGÍA.....	94
6.1	Tipo y enfoque de la investigación .....	94
6.2	Universo de estudio, población y muestra.....	97
6.3	Estrategias Metodológicas .....	99
6.4	Técnicas e instrumento de Investigación .....	101
7.	ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....	104
7.1	Análisis de Resultados.....	104
7.1.1	Caracterización del razonamiento abductivo .....	104
7.1.2	Guías de aprendizaje.....	117
7.1.2.1	Resultados de las guías de aprendizaje .....	120



7.1.2.2	Evidencias de las guías de aprendizaje .....	133
7.1.3	Evaluación del impacto de la estrategia didáctica interdisciplinar en términos del razonamiento abductivo por medio de la minería de datos .....	140
7.2	Discusión de Resultados .....	145
8.	Conclusiones .....	150
9.	Recomendaciones .....	153
10.	BIBLIOGRAFÍA .....	155
11.	ANEXOS .....	162



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Las ciencias de la complejidad y sus áreas de estudio. ....	39
Tabla 2: Referentes de complejidad y educación.....	48
Tabla 3: Fractales no lineales.....	61
Tabla 4: Procesos del razonamiento abductivo.....	79
Tabla 5: Modelos curriculares .....	85
Tabla 6: Modelo curricular complejo.....	87
Tabla 7: Herramientas Telemáticas Utilizadas .....	101
Tabla 8: Rúbrica de evaluación del razonamiento abductivo .....	109
Tabla 9: Matriz de tipos de inteligencias, aprendizaje y razonamiento abductivo	112
Tabla 10: Resumen de resultados de matriz A.....	114
Tabla 11: Características estadísticas de la red.....	116



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema actual de las ciencias de la complejidad .....	36
Figura 2: Construcción del triángulo de Sierpinski .....	55
Figura 3: Autosimilitud del triángulo de Sierpinski .....	56
Figura 4: Polvo de cantor .....	59
Figura 5: Triángulo de Sierpinski.....	60
Figura 6: Curva de Von Koch .....	60
Figura 7: Representación fractal del pulmón humano .....	65
Figura 8: Imágenes de la fractalidad en la naturaleza.....	65
Figura 9: Estructura fractal de actividad física.....	67
Figura 10: Representación fractal del tráfico de internet.....	68
Figura 11: Patrón de afloramiento de fractura.....	69
Figura 12: Arte fractal.....	70
Figura 13: Elementos del currículo complejo.....	88
Figura 14: Ubicación geográfica del Colegio Claretiano - Neiva .....	97
Figura 15: Estrategia de metodológica utilizada.....	99
99	
Figura 16: Inteligencias múltiples .....	105
Figura 17: Estilos de aprendizaje .....	107
Figura 18: Caracterización de razonamiento abductivo .....	110



Figura 19: Red de relación de tipo de inteligencia, aprendizaje y razonamiento abductivo .....	115
Figura 20: Evidencia guía uno .....	122
Figura 21: Evidencias de la guía dos.....	125
Figura 22: Evidencia guía número tres.....	127
Figura 23: Evidencia de guía número cuatro.....	129
Figura 24: Evidencias de la guía cinco .....	132
Figura 25: Bingo fractal .....	134
Figura 26: Kirigami .....	135
Figura 27: Triángulo de Sierpinski - Pascal.....	137
Figura 28: Tic frac toe .....	138
Figura 29: Trébol fractal .....	139
Figura 30: Árbol de decisión, base de datos inicial .....	141
Figura 31: Árbol de decisión, base de datos final.....	142



## 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación surge como una idea a partir de una problemática del siglo XXI. Donde se puede llevar a cabo un trabajo interdisciplinario con una perspectiva compleja para lograr potenciar el razonamiento abductivo mediante la geometría fractal. A lo que el presente trabajo de investigación se propone como nueva estrategia didáctica y fortalecedora en la práctica pedagógica, cambiando los modelos tradicionales en la educación que se han implementado, abriendo así una metodología innovadora en la enseñanza-aprendizaje. La investigación se desarrolla en el Colegio Claretiano de Neiva - Huila (no oficial) empleado la geometría de Mandelbrot para potencializar el razonamiento abductivo en los estudiantes de quinto grado de escolaridad.

El desarrollo de esta propuesta didáctica tiene como eje fundamental el fortalecimiento del razonamiento abductivo implementando la geometría fractal; en las cuales dentro de sus propiedades permite el estudio integrado e interdisciplinar de esa manera llevar a cabo la creación de secuencias didácticas no lineales.

Este trabajo se encuentra estructurado en siete capítulos: El primer capítulo corresponde al planteamiento y formulación del problema de investigación en consecuencia de la situación que presentan la comunidad estudiantil del Colegio Claretiano. En el segundo capítulo denominado antecedentes, se analizan





investigaciones relacionadas con la enseñanza de la Geometría Fractal tomando como referencia estudios a nivel de maestría e incluyendo investigaciones escritas diferentes al castellano. El tercer capítulo llamado fundamentos teóricos incluye referentes contextuales, institucionales y teóricos. El siguiente capítulo hace alusión a los objetivos de la investigación, donde se propone desarrollar una estrategia didáctica interdisciplinar con estudiantes de quinto grado. En el capítulo quinto se establece la metodología de la investigación: tipo y enfoque, universo de estudio, población y muestra, y estrategias metodológicas. En el sexto capítulo se analizan los resultados obtenidos al aplicar los instrumentos y finalmente el último capítulo plantea las conclusiones y las recomendaciones que se debe tener en cuenta al implementar la estrategia didáctica.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 2.1 Descripción del problema

La educación básica del siglo XXI se apoya en tres grandes pilares: aprender a hacer, aprender a conocer y aprender a ser. (Sánchez, 2005), Para comprender las razones que justifican estos pilares de la educación es necesario mirar el comportamiento del capitalismo en una época de la información en un cambio constante y con una educación que sigue siendo la misma de hace más de 100 años (Tedesco, 2003). El sistema educativo actual fue diseñado, concebido y estructurado para una época diferente, este sistema sigue basándose en las estructuras ideológicas heredadas de siglos anteriores (Maldonado, 2017). Uno de los grandes inconvenientes que ha tenido la educación tradicional radica en que aún se piensa en la educación como una acumulación de conocimientos prácticos y técnicos dejando de lado la creatividad y el talento. Pues durante las últimas décadas la educación en nuestro país ha sido abordada desde disciplinas aisladas y con relaciones muy superficiales. Causando desmotivación y falta de interés en los estudiantes (Soto, 2020). Es por esto por lo que se hace necesario una propuesta que incentive el cruce de disciplinas y el uso de tecnología para su solución. Edgar Morín propone en su obra, *Los siete saberes necesarios para la educación del*



*futuro*, una revolución educativa que implica una enseñanza comprensiva de un conocimiento en múltiples dimensiones, que considera un aprendizaje enfocado al abordaje de problemas, gestor de la integración de saberes y la interdisciplinariedad, reconociendo la incertidumbre, el error, la ilusión y la comprensión de la realidad desde la diversidad.

María de Jesús (2007) sostiene que el enfoque de la Complejidad, desde la perspectiva de la educación comprende una visión acerca del proceso de formación del conocimiento que parte de la eliminación de un conocimiento determinado y que determina, acrítico, objetivo, lineal y estructurado, para hacer emerger un conocimiento multidimensional, significativo, que interacciona con la realidad exterior, que se acerca a una realidad comprensiva de nociones antagónicas, que se encuentran para converger y encontrar el consenso dentro de la diversidad.

Conociendo que desde las primeras instituciones educativas la enseñanza de las matemáticas ha estado asociada a los avances de la ciencia y la tecnología, nos permite avanzar en el aprendizaje y la creación de una nueva secuencia didáctica que fortalezcan el razonamiento abductivo en el Colegio Claretiano en los educandos de quinto grado de escolaridad puesto que tienen contrariedad con la comprensión de las temáticas orientadas en las diferentes asignaturas, tomando como ejemplo las matemáticas. Entender los conceptos básicos matemáticos y



tener la capacidad de resolver ejercicios contextualizados es el reto para cumplir a través de la potencialización del razonamiento abductivo por medio de la geometría fractal como estrategia didáctica interdisciplinaria.

## 2.2 Sistematización del problema.

- ¿Cuáles son los estilos de aprendizaje y las inteligencias múltiples de los estudiantes de quinto del Colegio Claretiano Neiva – Huila?
  
- ¿Cómo contribuir al desarrollo del razonamiento abductivo en los estudiantes del grado quinto, implementando estrategias didácticas interdisciplinarias enmarcadas en el paradigma de la complejidad?
  
- ¿Cómo fortalecer el razonamiento abductivo en los estudiantes, mediante la implementación de la geometría fractal como estrategia didáctica interdisciplinaria?



## 2.3 Enunciación del Problema

- ¿Cómo fortalecer el razonamiento abductivo en los estudiantes de quinto grado de escolaridad del Colegio Claretiano de Neiva – Huila a través de la geometría fractal como estrategia didáctica interdisciplinaria?

## 3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

### 3.1 Antecedentes

#### 3.1.1 Internacionales

Florencia Fusi (2020) presenta el artículo “*¿Por Qué Enseñar La Noción De Fractal En El Último Año De La Escuela Secundaria? Opiniones De Especialistas En Geometría*” en la Revista de Educación Matemática, Argentina. Fusi indaga en el concepto de “Fractal” en la educación matemática, el cual fue incorporado en la última reforma educativa del diseño curricular de matemáticas para estudiantes del grado sexto de secundaria. La incorporación se sustenta por el contenido estético que poseen los fractales y su potencial para integrar contenido matemático.

Adicionalmente, exterioriza la caracterización de los fractales a través de



propiedades fundamentales que los identifican; Irregularidad, Dimensión, Iteración y autosimilitud. Además, menciona la aplicabilidad de la geometría de *Benoit Mandelbrot* en un contexto científico, tales disciplinas (por mencionar algunas) son la Medicina, Geología, Física, Educación, y el Arte.

Finalmente, se realiza una crítica fuerte a los educadores por parte de los especialistas en geometría; es vital que los maestros se actualicen e informen sobre el tema antes de enseñarlo, la geometría fractal es un claro ejemplo de esta actualización, por medio de ella es estudiantes puede indagar, construir y argumentar resultados en las diferentes disciplinas.

Nadia Belén Martín (2019), en su trabajo *“Enseñanza De Fractales A Partir De Preguntas: Descripción De Una Experiencia En Un Curso De Matemáticas Del Último Año De La Escuela Secundaria”* hace una descripción de una experiencia de aula con estudiantes de último grado de escolaridad. La actividad abarca la enseñanza de fractales mediante la implementación de una *Actividad de Estudio e Investigación* (AEI), generada a partir de preguntas tales como; *¿Cómo se construye un fractal teórico?, ¿Qué herramientas o elementos se necesita para generar un fractal?, ¿tiene una fórmula matemática?*, entre otras. El referente teórico es la Teoría Antropológica de lo didáctico (TAD). Se concluye que es posible la inclusión de educandos a un proceso de estudio implementado la formulación de preguntas y la búsqueda de respuestas a partir de un trabajo



colectivo. Se podría mencionar que sería un tipo de aprendizaje por descubrimiento e indagación.

### 3.1.2 Nacionales

Al realizar el ejercicio de búsqueda de trabajos relacionados a la implementación de la geometría fractal en un contexto educativo, se encuentran numerosas publicaciones relacionadas a esta. Las investigaciones están enfocadas específicamente en la enseñanza – aprendizaje de la fractalidad y como mecanismo didáctico en el aprendizaje de los estudiantes. A continuaciones, se expondrán las tesis de maestría de Cardona de la Universidad Tecnología de Pereira y Zamora Cristancho de la Universidad Militar Nueva Granada.

Cardona Grisales (2017), en la investigación *“Elementos De La Geometría Fractal Como Estrategia Para El Desarrollo Del Pensamiento Geométrico En Estudiantes De La Media Básica Del C.E Bachillerato En Bienestar Rural Sede Ciató En El Municipio De Pueblo Rico Mediante Elementos De La Naturaleza”* exterioriza los conceptos básicos de la geometría fractal como estrategia didáctica con estudiantes de grado décimo apoyándose en los elementos de la naturaleza con el propósito de presentar una propuesta que integre la enseñanza de la



geometría fractal en contenido de la malla curricular del grado décimo, dicha propuesta se centra en la metodología y material didáctico dirigido a educandos y educadores de la institución. Grisales presenta ejemplos contextualizados en botánica; la hoja de helecho es un claro arquetipo de la geometría fractal. El helecho completo mantiene una apariencia similar en cada una de sus hojas, cada hoja son sus sub - hojas (similitud) y así sucesivamente (iteración), este acontecimiento se puede plantear desde la matemática con la transformación Afín expresada de forma matricial.

Zamora (2019) expone su tesis *“Estado Del Arte Del Aprendizaje De La Geometría Fractal En Educación Básica En Colombia. Una Exploración Desde El Constructivismo Configuracional”* presenta un estado del arte de la geometría (clásica) y la geometría fractal en la educación matemática. Zamora realiza conclusiones que manera crítica a los educadores pues los docentes no utilizan las herramientas disponibles para la enseñanza, no se aproveche el carácter transversal de la geometría, la didáctica no se implementa en el constructivismo biológico, y los paradigmas constructivistas se complementen entre sí.

En el trabajo se afirma la aplicabilidad que tiene la geometría fractal en las diferentes disciplinas; Biología, Medicina, Industria, Tecnología de las comunicaciones, Física, Química, Geología, Arte y cine.





Cardona (2011) expone en su tesis *“Caracterización de las inferencias abductivas realizadas por estudiantes de cuarto grado de básica primaria, de un colegio privado del área rural de cota- Cundinamarca, a partir del análisis del movimiento corporal en una carrera de velocidad”* pretende buscar la caracterización de las inferencias abductivas en sujetos de cuarto grado de básica primaria a partir del análisis de movimiento corporal en una carrera de velocidad. Para esto se tuvo como sustento los postulados de P. Thagard y su clasificación de la abducción: simple, existencial, formadora de reglas y analógica, y algunos de los fundamentos biomecánicos para el análisis del movimiento corporal cuando un sujeto corre: Amortiguamiento, impulso, apoyo, vuelo y braceo. Se desarrolló un estudio exploratorio descriptivo, con un método no experimental de corte transversal, contando con la colaboración de una unidad de curso completa (31 sujetos) que tenían edades entre los 9 y 10 años. Teniendo en cuenta las tres categorías de análisis del estudio observación, formulación de hipótesis y evaluación de la hipótesis, se diseñaron los siguientes instrumentos: Una tarea cognitiva que constaba de un video de deportistas corriendo en un terreno plano y un cuestionario; un formato de registro de respuestas y la grabación de las entrevistas; y una matriz de valoración con los criterios de puntuación para cada respuesta. A partir de la aplicación de estos instrumentos, se formaron 3 grupos de análisis con base en el tipo de abducción formulada por los sujetos: grupo de



abducciones formadoras de reglas, grupo abducciones simples y grupo abducciones existenciales. Los resultados obtenidos dejaron ver que los sujetos formulan abducciones utilizando la información que se les proporcionó durante la prueba, e información no presente en esta, lo cual llevó a que los sujetos en su gran mayoría formularán abducciones existenciales.

### 3.1.3 Regionales

Hernández y Vidal (2019), realizan la investigación *“Fractales, Caos Y El Lenguaje Netlogo Como Agentes Integrados Del Currículo De Las Matemáticas Escolares”*, en la cual los autores diseñaron contenido curricular para estudiantes del grado octavo de la institución educativa Claretiana Gustavo Torres Parra. Al currículo se deseaba incluir los conceptos de fractales y caos por medio de una metodología apoyada en el uso de la Modelación Basada en Agentes (NetLogo®) que permita concebir el currículo de matemáticas como un sistema complejo, interconectado con otras áreas académicas.

En el trabajo se plantean las actividades; (1) Conceptos de fractales, (2) Nociones básicas de Netlogo, (3) Análisis aritmético y algebraico de fractales, (4)



Fractalidad matemática y su dimensión, (5) Conceptos de Caos, (6) Fractales, caos e interdisciplinaridad y (7) Fractalidad con NetLogo®.

Se concluye que el currículo de matemáticas puede ser abordado por los temas de las ciencias de la complejidad, específicamente desde el caos, la geometría fractal. Adicionalmente, se exterioriza la geometría fractal desde la interdisciplinaridad.

Vargas y Sánchez (2018), realizan la tesis *“Didáctica En La Enseñanza De La Fractalidad” En La Educación Básica Desde Un Modelo Interdisciplinario MACTA (Matemáticas, Ciencias, Tecnología Y Arte)*” en la cual exteriorizan los principios básicos de la geometría fractal por medio de secuencia didáctica interdisciplinar para el fortalecimiento del pensamiento Geométrico – Métrico en la educación básica secundaria, tomando como referente el grado noveno. La secuencia didáctica se desarrolla en tres momentos estructurados por situaciones problemas, cada fase se caracteriza por su carácter interdisciplinar abarcando varias disciplinas (Matemáticas, ciencias y artes), con la finalidad de fortalecer el aprendizaje en las competencias; comunicativa, razonamiento y solución.

Lo significativo de la investigación de Vargas y Sánchez es que permite a los estudiantes entender temáticas relacionadas campo geométrico – métrico, explicar



la lo vital de aprendizajes pertenecientes al componente numérico variacional por medio de la geometría fractal. Cabe resaltar la implementación de software

dinámico enfocados a la construcción de geometría como es el caso específico de GeoGebra.

Bedoya, Pascuas y Sanches (2020), en la investigación *“La Geometría Fractal de las Plantas como Estrategia Didáctica Interdisciplinaria para el Fortalecimiento de los Aprendizajes Significativos”* la cual exterioriza el estudio realizado en la Institución Educativa Nuestra Señora del Carmen sede la Australia, se dividió en tres etapas: determinación de los estilos de aprendizaje de los educandos, diseño y aplicación de guías con metodología interdisciplinaria que integraron las asignaturas de matemáticas, ciencias naturales, artes y tecnología, teniendo en cuenta el contexto. Finalmente, se diseñó una propuesta de simulación computacional que vinculó la geometría fractal con el crecimiento de las plantas.



### 3.2 Justificación

El presente trabajo de investigación propone una estrategia didáctica interdisciplinar con la finalidad de fortalecer razonamiento abductivo planteado por Paul Thagard implementando la geometría fractal y herramientas computacionales ya que tradicionalmente las metodologías utilizadas usualmente por los educadores son lineales, repetitivas y no motivadoras, lo que causa un alto índice de no aprobación y deserción estudiantil. En consecuencia, el presente trabajo permitió potenciar la motivación, fortalecer el razonamiento abductivo y la vinculación de los conocimientos con el contexto en los estudiantes de quinto grado de escolaridad del Colegio Claretiano de Neiva. Además, presenta una forma de relacionar diferentes disciplinas en torno a la geometría fractal y su relación con el medio en que nos rodea. Lo que puede ser tomado como referencia para innovaciones en el aula, pues en un ambiente educativo de creciente complejidad se hace necesario el cambio de paradigma de enseñanza, las metodologías y estrategias utilizadas por los docentes. Así mismo, destaca utilizar la geometría fractal, como estrategia interdisciplinar que vincule las áreas de ciencias naturales, matemáticas, artes y tecnología de manera didáctica. Así como la contextualización de los contenidos a trabajar pues se considera que las investigaciones previas se han limitado en la utilización de las bondades de esta geometría, realizando usos superficiales de la misma. Teniendo en cuenta los



sobresalientes beneficios que tiende utilizar herramientas computacionales en el aula y que, “en los últimos años, las Tics, y en particular las tecnologías computacionales, han tenido gran impacto en el ámbito educativo y se han convertido en un importante campo de interés para la investigación en enseñanza de las ciencias” (Capuano, 2011), se propone la utilización de la geometría fractal desarrollando un ambiente de simulación computacional en el aula para favorecer el aprendizaje y evaluar el impacto que tuvo el proyecto en el ambiente estudiantil.

Finamente, el presente trabajo de investigación denominado “*Fortalecimiento del razonamiento abductivo en los estudiantes del grado quinto del Colegio Claretiano de Neiva – Huila por medio de la geometría fractal como estrategia didáctica interdisciplinar*” permitirá ser insumo a futuros trabajos de investigación de pregrado y posgrado en el campo de las ciencias de la complejidad.



## 4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 4.1 Ciencia de la Complejidad

Cuando hablamos de complejidad y nos enfocamos en la realidad contemporánea (explorando temas políticos, económicos, sociales etc.) se han venido presentando cambios significativos. Donde la percepción natural tanto individual, grupal y medios masivos de la comunicación, indican que el país y el mundo hoy por hoy, se encuentra en condiciones paupérrimas; en muchos casos dramáticas y en otras trágicas, en el campo de conocimiento escolar evoca a una forma noble. Esta forma magnánima se expresa en la ciencia de punta y, notablemente, en las ciencias de la complejidad. De ahí que, las ciencias de la complejidad son el resultado de una creación no siempre directa, consciente y deliberada, y que más bien “incorpora también buenas coincidencias, la capacidad de ver relaciones y tipos de relaciones donde no las había, en fin, de innovación en toda la línea de la palabra” (Maldonado y Gómez, 2010). Este trabajo propone buscar una estrategia didáctica innovadora para transformar el quehacer de las prácticas pedagógicas, modificando en sí las concepciones tradicionales que han permeado por décadas el discurso de maestros en la enseñanza de las matemáticas. Brindando nuevas alternativas de enseñanza en una población como es el Colegio Claretiano de Neiva – Huila. Tomando como principal recurso



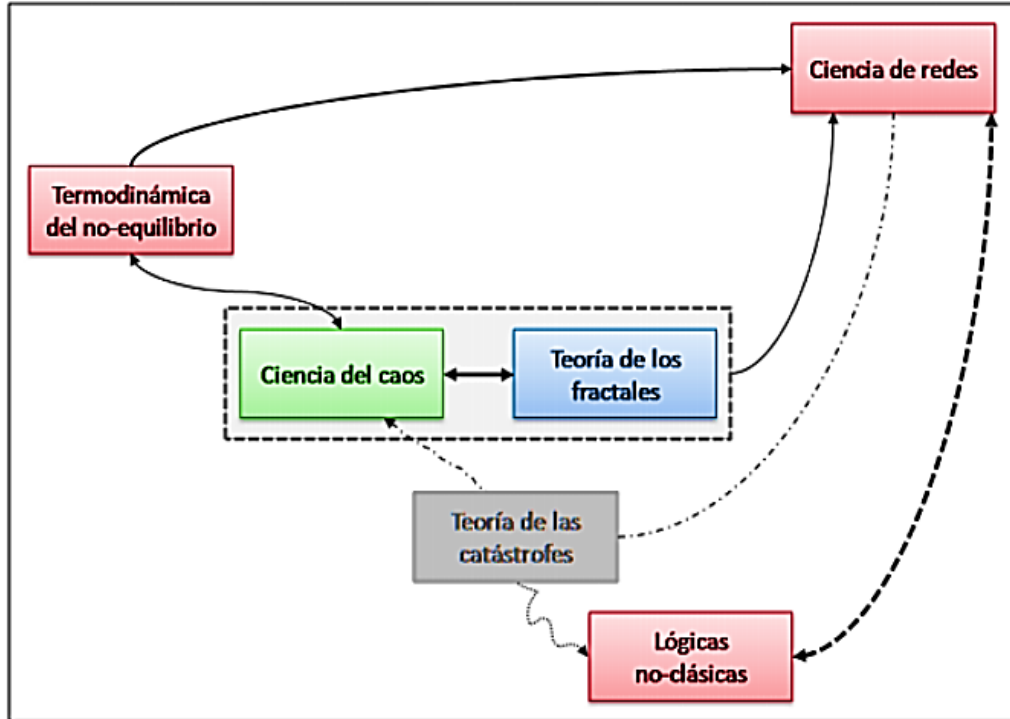
el razonamiento abductivo y potencializar, de manera innovadora y creativa a partir de dos conceptos de la geometría fractal, tales como lo es la autosimilitud y autosemejanza. Teniendo en cuenta que “la didáctica tiene como objetivo la instrucción y preparación a través de métodos eficaces y adecuados en la formación integral del educando, para lo cual se preocupa de estudiar el trabajo docente, congruente con el método de aprendizaje” (Bravo y Varguillas, 2015).

Por ello, esta propuesta centra su estudio y tiene como eje fundamental y didáctico el potenciar el razonamiento abductivo mediante la geometría fractal y la simulación computacional, las cuales en sus caracteres multidisciplinarios permiten el estudio de las ciencias naturales, las matemáticas, las ciencias sociales y la tecnología. Brindando de esta manera la vinculación de cierta parte del currículo con procesos científicos, tecnológicos y pedagógicos para orientar el desarrollo de competencias en la formación científica, fundamentándose en ámbitos conceptuales del grado quinto.

Llevando a cabo un proceso de modelación matemática en el pensamiento espacial y sistemas geométricos, a partir del análisis geométrico de las relaciones entre variables geométricas asociadas a éstas, mediado por nociones de geometría fractal y simulación computacional. Asimismo, cronológicamente, las ciencias de la complejidad son:



**Figura 1: Esquema actual de las ciencias de la complejidad**



Fuente: Tomado de (Maldonado y Gómez, 2010)

La termodinámica del no equilibrio según Maldonado (2005), los sistemas alejados del equilibrio son altamente sensibles a las novedades o a las innovaciones, a los eventos o al azar, y procesos irreversibles, pues son estas novedades las que generan dinámicas no lineales en dichos sistemas. Además de tener en cuenta Prigogine menciona que los procesos irreversibles son tan reales como los reversibles; que juegan un papel constructivo fundamental en el mundo físico y una irreversibilidad unida a la dinámica. Frente a esta forma de abordar la



realidad, la termodinámica del no equilibrio nos ofrece la visión de un mundo diverso, abierto y pluralista.

La teoría del caos, históricamente, el caos - primero teoría, luego ciencia— fue desarrollado por E. Lorenz en los años 1962-1964. (Maldonado y Gómez, 2010) “los sistemas caóticos son altamente sensibles a las condiciones iniciales y responden a la presencia de un atractor. Los tipos de atractores que se suelen identificar en el estudio del caos son el atractor fijo, el periódico y el atractor extraño” (Maldonado, 2005), en este sentido, la más mínima variación en ellas puede provocar que el sistema evolucione en forma completamente diferente como un efecto mariposa.

La geometría fractal según Maldonado “la geometría de fractales consiste en una aplicación de lo infinitesimal a lo finito, y así, la invariancia resultante nos revela un universo pletórico de formas y estructuras, todas sólidamente conectadas entre sí, a pesar de su irregularidad y movilidad” (Maldonado, 2005) y para Martínez (2018) son figuras auto semejantes de dimensión no entera. La teoría fractal tiende a completar y relacionar las matemáticas clásicas, ya que estas se acercan a los fenómenos reales y tratan de predecir de una forma aproximada el comportamiento de estos.



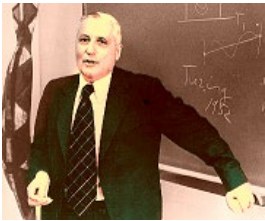
Maldonado explica que sobre la teoría de catástrofes: Contra la idea de tipo fiscalista según la cual lo primero es el espacio – tiempo, R. Thom resalta que la entidad primitiva es el fenómeno visto por un observador. Pero, dado que existen o pueden existir varios (o muchos) observadores sobre un mismo fenómeno, el problema consiste, entonces, en sintetizar las diversas versiones que tenga cada observador. Esta labor de síntesis es la teoría de catástrofes (Maldonado, 2005). Esta ciencia trata de descubrir los cambios de estado que pueden ocurrir en un sistema definido.

Las lógicas no clásicas “en ocasiones, debido a que la lógica formal clásica es demasiado rígida; en otras, porque sucede todo lo contrario, y no aporta el rigor suficiente en la comprensión y en la elucidación de las estructuras y modos de racionalidad de la ciencia, de la vida y del mundo en general” (Maldonado, 2012). Por lo tanto, resultan altamente relevantes en el estudio de los sistemas complejos no-lineales.

Por último, se tiene la ciencia de redes complejas “redes que presentan ciertas características estadísticas y topológicas” (Martínez, 2018) donde no cualquier respuesta es posible o aceptada, ya que permite ver más allá de planos generales poder enfocarse en detalles más finos.



**Tabla 1. Las ciencias de la complejidad y sus áreas de estudio.**

Ciencias de la complejidad	Área de estudio	Inicios	Referentes destacados
<p><b>Termodinámica del no- equilibrio</b></p>	<p>Los sistemas alejados del equilibrio son altamente sensibles a las novedades o a las innovaciones, a los eventos, o al azar, y procesos irreversibles. (Maldonado, 2005. Pág. 10.)</p>	<p>Principio de la década de los cuarenta</p>	 <p><b>Ilya Prigogine</b></p> <p>Nacido en Moscú, Rusia. Estudió química en la Universidad Libre de Bruselas, donde se doctoró. De nacionalidad belga, profesor de las universidades de Chicago y de Texas en Estados Unidos; en esta última creó el Instituto de Mecánica Estadística y Termodinámica. En 1977 recibió el premio Nobel de Química por su contribución al estudio de la termodinámica y a su teoría sobre las estructuras disipativas. (Infoamérica, 2021).</p>



## Teoría del caos

Los sistemas complejos sensibles a condiciones iniciales.

Finales de la década de los cincuenta



### Edward Lorenz

Históricamente, el caos –primero teoría, luego ciencia– fue desarrollado por Edward Lorenz en los años 1962-1964 Pero hubo de pasar muchos años para que fuera reconocida su importancia. El estudio central del caos en la identificación de atractores extraños. Inicialmente, el caos permanece como una teoría de sistemas deterministas. Al cabo del tiempo, su interés se vuelca hacia el caos indeterminista o subacuático. (C. Maldonado & Gómez, 2010)



## Geometría Fractal

Los fractales. Figuras auto semejantes de dimensión no entera.

Década de los setenta



**Benoît  
Mandelbrot**

Es uno de los principales autores de la complejidad y fractales.

Nació el 20 de noviembre de 1924, en el seno de una familia judía en Varsovia. La geometría de fractales es, históricamente hablando, la tercera de las ciencias de la complejidad. Existe una fuerte implicación recíproca entre caos y fractales. La razón es que todo atractor extraño tiene en su base una dimensión fractal. Los fractales han resultado de inmensa ayuda en la medición de numerosos sistemas y comportamientos, en ciencias de la salud y economía, en sistemas sociales y en astronomía, por ejemplo. (C. Maldonado & Gómez, 2010)



## Teoría de catástrofes

Cambios súbitos e  
irreversibles en  
sistemas  
estructuralmente  
estables

Finales de la  
década de los  
cincuenta



**René Thom**

René Thom, miembro del Institut des Études Scientifiques de París y autor de la "teoría de la catástrofe", ha muerto, pero nos ha dejado su deslumbrante conocimiento sobre matemáticas, ciencia y filosofía, dedicadas al esclarecimiento de cuestiones fundamentales, como el descubrimiento de que existen únicamente siete maneras en que cualquier sistema puede pasar de la continuidad a la discontinuidad súbita, para derivar hacia configuraciones anómalas, o incluso monstruosas, en tanto todos los cambios que apreciamos en las cosas nacen en continuos que pueden ser expresados por las matemáticas, las cuales se adaptan al mundo real de manera casi milagrosa. (Olea, 2002)



## Redes Complejas

Redes que presentan ciertas características estadísticas y topológicas.

Inicios del siglo XXI.



## Laszlo Barabasi

Rabási Nacido en Transilvania (Rumanía) ha sido uno de los mayores contribuyentes al desarrollo de redes complejas que se aproximan al mundo real, junto a otros físicos, matemáticos e informáticos, como Steven Strogatz, Mark Newman o Duncan J. Watts. (Thinking Heads, 2018)





## Lógicas no clásicas

Las lógicas no-clásicas resultan altamente relevantes en el estudio de los sistemas complejos no-lineales.

A lo largo del siglo XX, con grandes avances en los años noventa.



**Lotfi Asker**

Lotfi Asker Zadeh: matemático, ingeniero electricista, informático y profesor iraní-estadounidense de la Universidad de California en Berkeley. Creó la teoría de conjuntos borrosos y la lógica borrosa. Zadeh es uno de los más notables genios de la época actual. Entre sus otras creaciones están el método de la transformada Z, el enfoque de la teoría de sistemas lineales basado en estados, variables lingüísticas, control borroso, razonamiento aproximado, teoría de la posibilidad, “softcomputing”, computación con palabras, teoría computacional de las percepciones, teoría de la granulación de la información borrosa, teoría generalizada de la incertidumbre, y números Z..(Carlos Lameda, 2018)

Fuente: tomado y adaptado de Maldonado (2010) y Martínez (2018)



## 4.2 Educación y Complejidad

En este apartado denominado *Educación y Complejidad* se desarrolla basándose en las ideas de diferentes autores con la finalidad de ilustrar y acercar al lector relación de las ciencias de la complejidad y la educación. Carlos Eduardo Maldonado; *¿Qué es eso de pedagogía y educación en complejidad?*, Edgar Morin; *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*, Bren Davis y Dennis Sumara; *Complejidad y educación: consultas sobre el aprendizaje, la enseñanza y la investigación*.

Tomando las ideas de Davis y Sumara (2006), se considera la complejidad como una nueva ciencia cuyo origen está en la física, química, cibernética, ciencia de la información y teorías de sistemas. Donde sus aplicaciones han sido tan diversas como en la sociedad, psicología económica y esta ha sido adoptada por los educadores. Ahora bien, con la finalidad de relacionar la complejidad y la educación resulta esencial mencionar a Carlos Eduardo Maldonado con su texto; *Educación y Grados de la Libertad: El problema de la complejidad*. En este sentido, la educación en los marcos de la sociedad de la información, de la sociedad del conocimiento o la sociedad de redes – tres expresiones distintas para un solo y mismo momento –, y planeta que, bien concebido, la educación se enfrenta hoy con la complejidad – del mundo, de la sociedad, del universo. La




tesis que defiende este texto es que la educación modo complejo se define de cara a los grados de libertad. Solo que estos grados de libertad se plantean, hoy por hoy, en el marco de una sistémica y sistemática crisis de planeta a escala natural, a escala geopolítica, y en la escala social o colectiva. Una educación modo complejo en el sentido de las ciencias de la complejidad (Maldonado, 2020). Por otro lado, Edgar Morín realiza un aporte significativo a la educación y el pensamiento complejo, su libro *Los siete saberes para la educación del futuro* exterioriza siete estados en los cuales se debe fundamenta la educación del futuro; (1) Reconocer Las Cegueras Del Conociendo, (2) Los Principios Del Conocimiento Pertinente. (3) Enseñar la Condición Humana, (4) Enseñar La Identidad Planetaria, (5) Enfrentar Las Incertidumbres, (6) La Enseñanza De La Comprensión, (7) Ética Del Género Humano (Morin, 1999), el autor invita a realizar una transformación a la educación del siglo XXI y en palabras de Morín esa reorganización no se refiere al acto de enseñar, sino a la lucha contra los defectos del sistema, cada vez mayores. Por ejemplo, la enseñanza de disciplinas separadas y sin ninguna intercomunicación produce una fragmentación y una dispersión que nos impide ver cosas cada vez más importantes en el mundo. Hay problemas centrales y fundamentales que permanecen completamente ignorados u olvidados, y que, sin embargo, son importantes para cualquier sociedad y cualquier cultura. (Ares Hueso, 2011). Adicionalmente, Maldonado en su artículo,



*¿Qué es eso de pedagogía y educación en complejidad?* Alude que complejizar la educación equivale a poner claramente sobre la mesa, a plena luz del día, el papel fundamental del juego, la imaginación, la fantasía. En otras palabras, el significado de las emergencias y la autoorganización. Por encima, desde luego, de los programas y currículos, siempre eminentemente secuenciales y lineales y que no permiten ni admiten sorpresas, es decir, aprendizaje (Maldonado, 2014) es vital complejizar la educación y no linealizar el currículo en la escuela y una manera de hacerlo es introducir las ciencias de la complejidad a este. Un ejemplo sencillo es la inclusión de la geometría fractal en los educandos del quinto grado de escolaridad pues estos adquirirán conceptos fundamentales y la identificación en el entorno patrones naturales y artificiales, autosimilitud, autosemejanza.



**Tabla 2: Referentes de complejidad y educación**

<b>COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN</b>	<b>ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>REFERENTES DESTACADOS</b>
<p><b>I. ¿QUÉ ESO DE PEDAGOGÍA Y EDUCACIÓN EN COMPLEJIDAD?</b></p> <p><b>II. EDUCACIÓN Y GRADOS DE LA LIBERTAD: EL PROBLEMA DE LA COMPLEJIDAD</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Ciencias de la complejidad</li> <li>ii. Lógicas no-clásicas</li> <li>iii. Pensamiento político contemporáneo</li> <li>iv. Biopolítica</li> </ul>	<div style="display: flex; align-items: flex-start;">  <div style="flex-grow: 1;"> <p><b>Carlos Eduardo Maldonado</b></p> <p>Profesor Titular, Facultad de Medicina, Universidad El Bosque. Ha sido reconocido con la “Distinción al Mérito”, por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, por sus contribuciones a la filosofía y a la complejidad (2008). Premio Portafolio, Mención de Honor Categoría Mejor Docente (2008). “Profesor Distinguido”, título conferido por la Universidad del Rosario (2009). Investigador Senior (Colciencias). Profesor Visitante Distinguido, título conferido por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2017. “Visitante Distinguido”, título conferido por la Alcaldía de</p> </div> </div>



**I. COMPLEJIDAD Y EDUCACIÓN: CONSULTAS SOBRE EL APRENDIZAJE, LA ENSEÑANZA Y LA INVESTIGACIÓN.**

**i. Complejidad y educación**

Chelatenango (Guatemala), por solicitud de la Universidad de San Carlos (2018). Premio Latinoamericano de Prensaamérica “Zenbio Saldivia”, categoría “Filosofía y Complejidad” (Guayaquil, 2018). SENIOR MEMBER – IEEE. Doctor Honoris causa, Universidad de Timisoara (Rumania), 2015.



**Bren Davis**

Brent Davis nació y se crio en el norte de Alberta, donde también enseñó matemáticas y ciencias en la escuela secundaria durante la mayor parte de la década de 1980. Al finalizar sus estudios de

posgrado a mediados de los 90, comenzó su carrera universitaria en la UBC, luego se trasladó a la Universidad de York, luego a la Universidad de Alberta (donde fue Cátedra de Investigación de Canadá en Educación Matemática y Ecología del Aprendizaje), y luego regresó a UBC (como Cátedra David Robitaille en Educación Matemática), y finalmente a la Universidad de Calgary (como Cátedra Distinguida de Investigación en Educación



**I. COMPLEJIDAD  
Y EDUCACIÓN:  
CONSULTAS  
SOBRE EL  
APRENDIZAJE,  
LA ENSEÑANZA  
Y LA  
INVESTIGACIÓN**

**i. Complejidad  
y educación**



**Dennis Sumara**

El Dr. Dennis Sumara es actualmente profesor en la Escuela de Educación Werklund de la Universidad de Calgary. Antes de este nombramiento, ocupó cargos administrativos y académicos en la Universidad de Columbia Británica, la Universidad de Alberta, la Universidad de York y la Universidad Simon Fraser. Antes de eso, fue profesor de artes del lenguaje en una escuela secundaria en el sur de Alberta.

Matemática). Actualmente tiene una cátedra Werklund.



**I. LOS SIETE  
SABERES  
NECESARIOS  
PARA LA  
II. EDUCACIÓN  
DEL FUTURO**

- i. Complejidad  
y educación



**Edgar Morin**

Edgar Nahoum nació en París en 1921. Sus padres son judíos de Salónica de ascendencia italiana lejana. Hijo único, pierde a su madre a los diez años, su padre era comerciante. Con una infancia caracterizada por la enfermedad, Morin es un entusiasta de la lectura y aficionado al estudio, a la aviación y al ciclismo. Comenzó su labor filosófica con la lectura de los diversos autores de la Ilustración del siglo XVIII.

Fuente: Tomado y adaptado de Univesidad del Rosario (2021) y University of Calgary (2021)





### 4.3 Geometría Fractal

En el siglo XIX comenzaron a aparecer las primeras formas fractales, exactamente desde el momento que el matemático Karl Weierstrass graficó en 1872 la función que lleva su nombre; esto comenzó a generar conceptos cada vez más cercanos a los denominados fractales los cuales se centraban más en la geometría que en el álgebra. Estos conceptos podrían construirse partiendo de una figura inicial a la cual se le hace procesos geométricos repetitivos hasta llegar a una figura límite (a lo que hoy se le denomina conjunto fractal). Tanto así que en 1904 Helge Von Koch definió una curva con propiedades muy similares a la función de Weierstrass y se le conoce como el copo de nieve de Koch; en 1915 Waclaw Sierpinski construyó un triángulo que recibe su nombre, y esta estructura la diseñó teniendo en cuenta los procesos utilizados por Weierstrass.

Esto llevó a una etapa para las matemáticas denominada “crisis de los fundamentos”, en donde uno de los problemas más importantes eran los fundamentos de la matemática clásica ya que estos denominaban que las herramientas adecuadas para estudiar las estructuras geométricas regulares eran los principios de Euclides. Al descubrirse nuevas estructuras algebraicas que no encajaban con los patrones de Euclides como la curva de Cantor, la curva de Peano o las mencionadas anteriormente empezó a surgir un nuevo planteamiento



de la dimensión; por ejemplo, la curva de cantor posee dimensión 1 pero su estructura es capaz de rellenar un cuadrado el cual posee dimensión 2, ¿por ende cuál es la dimensión de esta estructura?, Estos nuevos elementos fueron considerados como “monstruos matemáticos”.

En 1919 Felix Hausdorff dio la primera herramienta para estudiar este tipo de forma en la vida real la cual se le conoce como dimensión de Hausdorff – Besicovitch y hoy en día, a este concepto se llama dimensión fractal. Años más tarde Adrei Kolmogorov describió una herramienta muy similar a la de Hausdorff la cual se le conoce como la entropía de Kolmogorov, lo cual según Lorenz en su libro “la esencia del caos”; gracias a esta entropía es sencillo imaginar figuras geométricas y comprender su dimensión fraccionaria.

No fue hasta 1975 que el matemático Benoit Mandelbrot publicó su libro “*Fractales: forma, casualidad y dimensión*”; donde expone que muchos objetos geométricos pueden ser explicados a través de dimensiones fraccionarias, para esto comenzó a realizar diferentes experimentos en computadoras donde después de mucho análisis escribió en 1982 un sustituto para su primer libro el cual recibe como nombre “*La geometría fractal de la naturaleza*”.

Un fractal es una idea intuitiva que surge a la hora de apreciar una estructura geométrica, la cual posee una forma fragmentada; desde el punto de vista



matemático, aún no existe una definición formal de esta idea. Este término, fue propuesto por el matemático Mandelbrot (1997) el cual es derivado del latín “fractus”, que significa quebrado o fracturado. Para comprender de mejor manera esta noción, se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

- **Escalante:** figura geométrica cuyas partes tienen la misma forma y estructura del todo, pero difieren en escala o puede estar ligeramente deformada.
- **Dimensión fractal:** Valor numérico que sirve para cuantificar el grado de la irregularidad de un objeto natural.
- **Conjunto fractal:** Conjunto cuya dimensión es mayor o igual que su dimensión topológica.
- **Objeto fractal:** objeto que puede ser representado mediante un conjunto fractal.

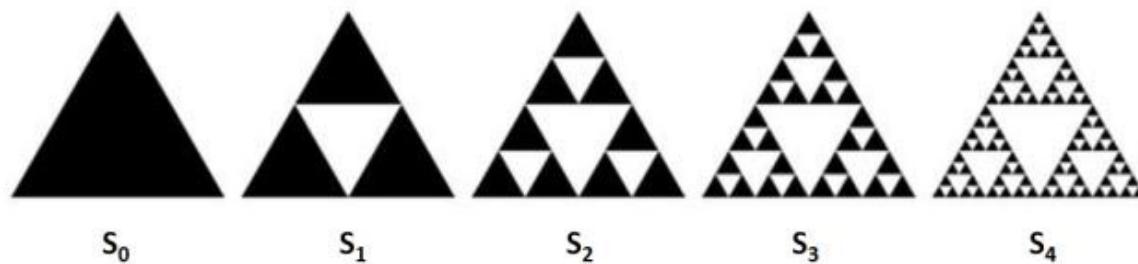
Según Sabogal (2011), para construir una definición tentativa del término fractal, es necesario conocer las tres propiedades fundamentales que caracterizan este tipo de formas geométricas.

### **Autosimilitud:**

Este concepto surge cuando una figura está formada por infinitas copias de sí misma, solo que, reducidas y colocadas en diferentes posiciones, a esto se le

conoce como la propiedad de autosimilitud la cual puede resumirse de la siguiente manera: “El todo es igual a sus partes, salvo a un factor de escala”; se puede apreciar esta propiedad en el siguiente ejemplo:

**Figura 2: Construcción del triángulo de Sierpinski**



Fuente: Imagen tomada Matemoción (2017).

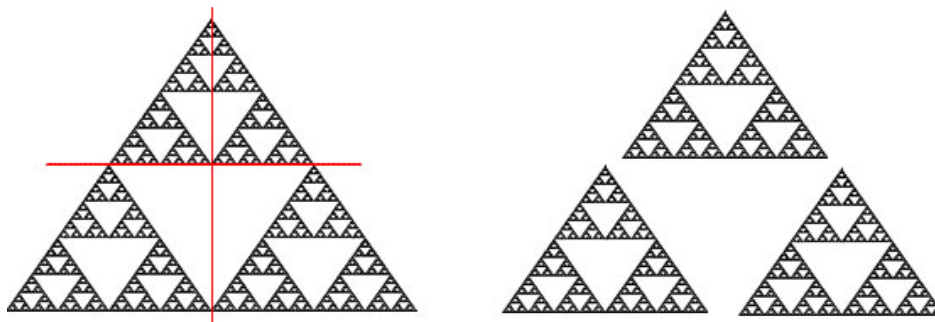
Aunque en teoría este proceso de construcción nunca va a terminar, al ser analizado de forma cualitativa esta sucesión de figuras parece acercarse a un límite. Este triángulo puede ser definido formalmente mediante la intersección de la familia  $S_{nn}$ , si notamos al triángulo de Sierpinski como  $S$ , se puede definir de la siguiente manera:

$$S = \bigcap_{n=1}^{\infty} S_n$$

## Autosemejanza

Esta propiedad nace del concepto geométrico de la semejanza, que consiste en la relación de proporción que existe entre 2 o más figuras, lo cual se puede resumir de forma coloquial como: "misma estructura, misma forma, pero diferente tamaño". Esto quiere decir, que la auto semejanza se refiere a observar un objeto geométrico como copias de sí mismo.

**Figura 3: Autosimilitud del triángulo de Sierpinski**



Fuente: Imagen tomada Sánchez (2021)

La importancia de esta propiedad radica en que, gracias a esta, al observar una figura geométrica fragmentada se observa de forma intuitiva el concepto de dimensión.



## La dimensión extraña:

Teniendo en cuenta las nociones de la geometría clásica un punto posee dimensión 0, una línea tiene dimensión 1, una figura en el plano dimensión 2, y las figuras en el espacio tiene dimensión 3. Pero, las figuras fractales poseen una dimensión no entera. De forma analítica y, utilizando la noción de la auto semejanza, se puede establecer:

$$n^D = N$$

### Donde:

- n es el factor de ampliación de la figura
- N es el número de copias
- D es la dimensión

Por ejemplo, en el triángulo de Sierpinski tenemos que, en cada paso de la sucesión, el número de copias aumenta de tres en tres y cada una de estas posee una relación de homotecia respecto a su figura antecesora de 2 a 1; es así:

$$2^{D_s} = 3 \Rightarrow D_s = \frac{\ln 3}{\ln 2} \approx 1.585$$



### 4.3.1 Tipos de fractales

Los fractales son, sin duda alguna, mucho más que interesantes curiosidades matemáticas. A diferencia de la geometría euclidiana, en donde los elementos básicos pueden generarse de manera directa (líneas, círculos, planos, entre otras), en la geometría fractal las formas primarias son conjuntos de procedimientos matemáticos (algoritmos) que, al ejecutarse dentro de un rango de valores, dan como resultado las extraordinarias formas de los fractales.

La geometría fractal está constituida por una infinidad de elementos, cada uno de los cuales representa una transformación geométrica completa y única. Como en los símbolos gráficos de la cultura china y japonés, cada algoritmo fractal funciona como un ideograma que transmite un mensaje global característico.

cronológicamente algunos de ellos son:

#### 4.3.1.1 Fractales lineales

Son aquellos que se construyen con un simple cambio de escala, como lo son los conjuntos fractales creados por el hombre con figuras sencillas (rectas, triángulos, etc.) y la mezcla de ellas. Los ejemplos clásicos de fractales lineales



son el Conjunto de Cantor, Curva de Von Koch, Triángulo de Sierpinski, entre otras.

Si observamos todas las imágenes acercándolas, determinamos que existe un patrón constante el cual se va repitiendo infinitas veces.

Algunos de los fractales más comunes que presentan estas características más comunes son:

**Figura 4: Polvo de cantor**

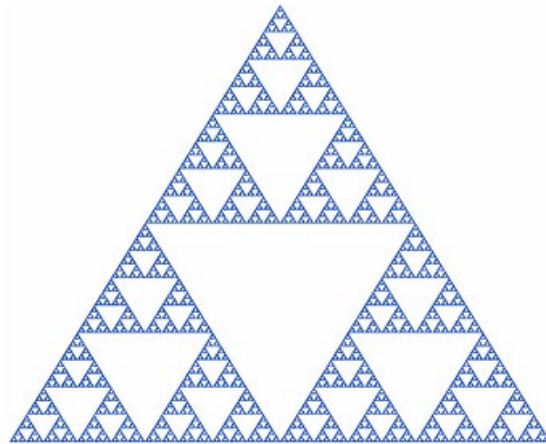


Fuente: Imagen tomada Mandelbrot (1997)



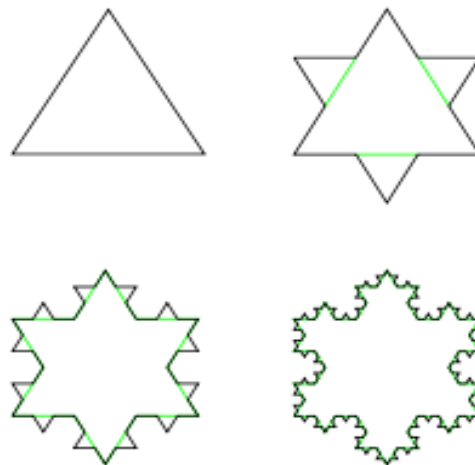


**Figura 5: Triángulo de Sierpinski.**



Fuente: Imagen tomada Álvarez (2005).

**Figura 6: Curva de Von Koch**

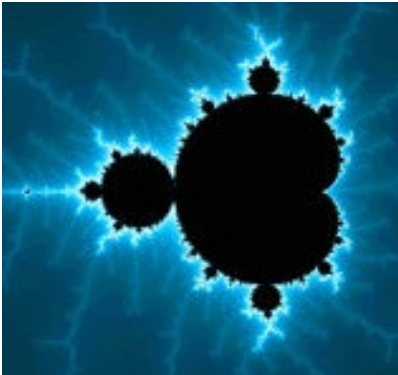


Fuentes: Imagen tomada Caos y fractales (2009).



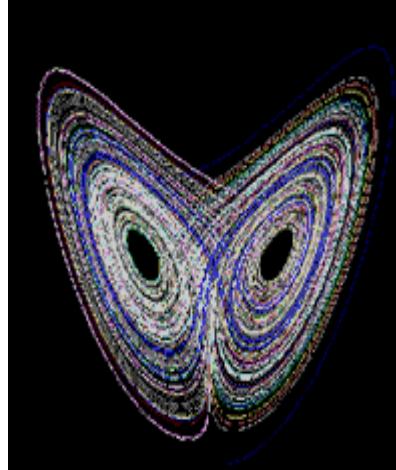
### 4.3.1.2 Fractales no lineales

**Tabla 3: Fractales no lineales**

Fractales	Forma	Descripción
Complejos		<p>Se generan mediante un algoritmo de escape. Para cada punto se calculan una serie de valores mediante la repetición de una fórmula hasta que se cumple una condición, momento en el cual se asigna al punto un color relacionado con el número de repeticiones. Los fractales de este tipo precisan de millones de operaciones, por lo cual sólo pueden dibujarse con la ayuda del ordenador.</p>

---

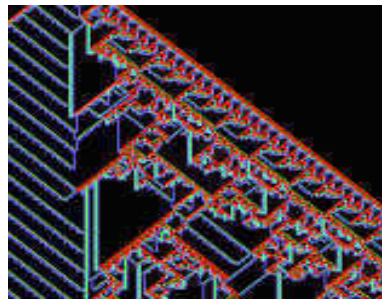
## Órbitas Caóticas



Este tipo de modelo nació con un estudio sobre órbitas caóticas desarrollado por Edward Lorenz en 1.963. El atractor de Lorenz tiene un comportamiento fractal, aunque caos y fractales no son sinónimos y tienen comportamientos distintos; solamente comparten una formulación sencilla.

---

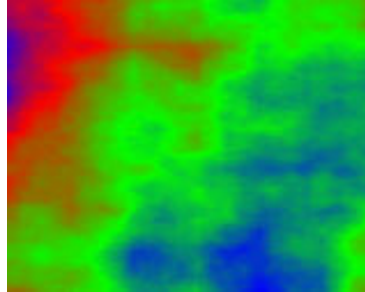
## Autómatas celulares



Los autómatas celulares fueron utilizados por primera vez por los matemáticos John Von Neumann y Stanislaw Ulam en 1948 para representar la reproducción en algunos sistemas biológicos. Un autómata celular es un sistema dinámico discreto, (espacio y tiempo toman valores discretos), cuya función asociada toma un conjunto finito de valores. Funcionan con sencillas reglas que colorean zonas a partir del color de las adyacentes.



Pasma



Estructuras como el plasma o las imágenes de difusión dependen en cierta medida del azar, por lo cual son únicas e irrepetibles. Ello se debe a que no es un proceso determinista, sino totalmente aleatorio. Consiste en un patrón único e irrepetible de colores

Fuentes: Adaptado y tomado de Argote (2004).

#### 4.3.2 Aplicaciones de fractales

Las aplicaciones de la geometría fractal son múltiples en diversas disciplinas de estudio, tales como en la medicina, geología, arte y comunicaciones entre otras.

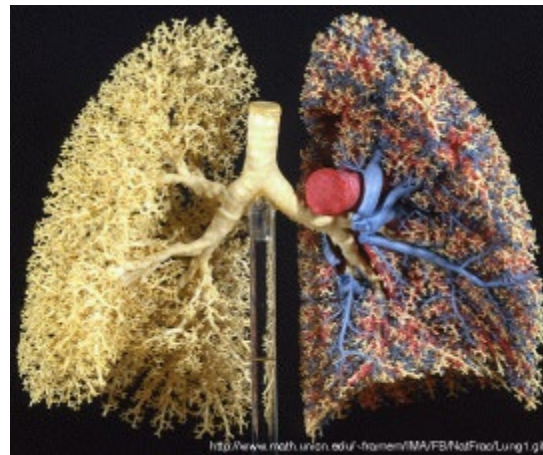
Los fractales tienen diversa aplicabilidad en la vida real tal es el caso de la biología. Muchos objetos en la naturaleza tienden a estar compuestos por figuras complejas, de tal forma que la geometría convencional llamada geometría euclidiana no podría medirlos.



La mayoría de estos objetos naturales, tales como nubes y estructuras orgánicas entre fauna y flora poseen similitud con los fractales. Se han detectado estos patrones en montañas, corales marinos y plantas tales como el helecho entre otras. También se puede observar conductas fractales en la propagación de un incendio forestal en una plantación ordenada de árboles, la trayectoria de las nubes de la lluvia ácida y en el cuerpo humano ejemplo los pulmones. Como tal, los fractales pueden usarse para capturar imágenes de estas estructuras complejas. Además, se utilizan para predecir o analizar diversos procesos o fenómenos biológicos, como el patrón de crecimiento de las bacterias, el patrón de situaciones como las dendritas nerviosas, las redes de vasos sanguíneos, redes nerviosas y los conductos biliares.

A continuación, se aprecian algunas imágenes de fractales en la naturaleza y el cuerpo humano.

**Figura 7: Representación fractal del pulmón humano**



Fuente: Imagen tomada de Álvarez (2005).

**Figura 8: Imágenes de la fractalidad en la naturaleza**



Fuente: Imagen tomada de Álvarez (2005).



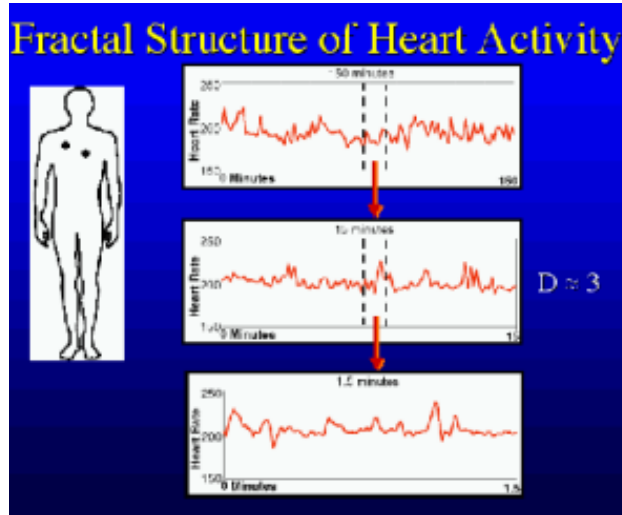


#### 4.3.2.1 Medicina

Las aplicaciones en la medicina están muy encaminadas al diagnóstico. Estos son algunos ejemplos. En el Departamento de Ciencias Exactas y Naturales de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Falavoro en la Argentina, utilizan técnicas fractales y la teoría del caos para crear sistemas de detección precoz de enfermedades cardiovasculares. (Ver figura). El Grupo Insight de Investigación de la Universidad Militar Nueva Granada (2014), en Bogotá, Colombia, desarrolló un método de diagnóstico fractal para evaluar células de cuello uterino, por medio del concepto de Armonía Matemática Intrínseca (AMI®) y variedad celular, ofreciendo una solución social en el país. De forma similar, Científicos austriacos han hecho avances en la detección de tumores a través de fractales pues aparentemente evolucionan de manera similar. Siendo un estudio de gran importancia para profundizar en el conocimiento de la enfermedad, la formulación de diagnósticos y en la elaboración de terapias.

Por otro lado, en la Universidad de Falavoro en la Argentina, el Departamento de Ciencias Exactas y Naturales de la Facultad de Ingeniería, han utilizado técnicas fractales para crear sistemas de detección de enfermedades cardiovasculares.

**Figura 9: Estructura fractal de actividad física**



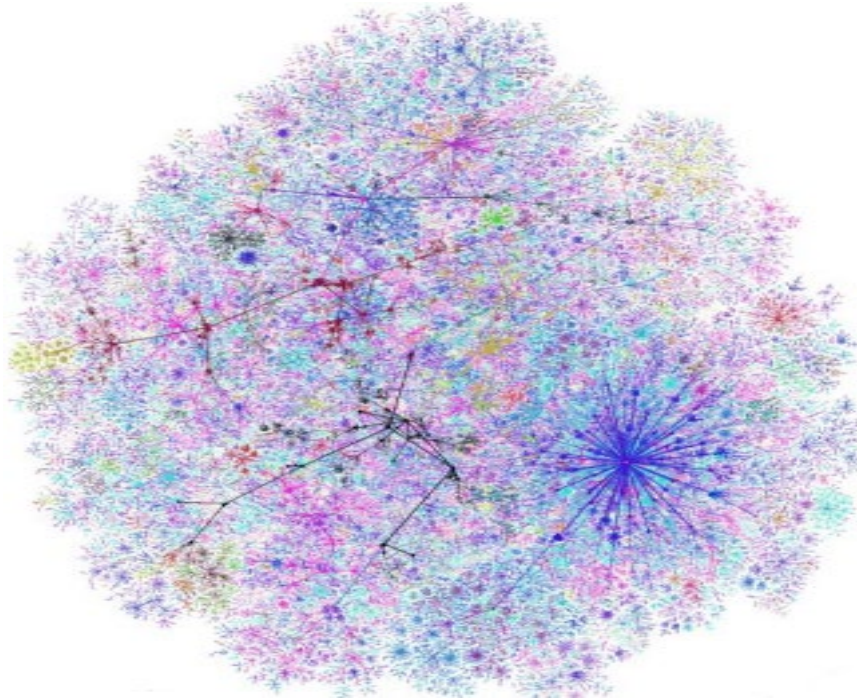
Fuente: Imagen tomada de Álvarez (2005).

#### 4.3.2.2 Tecnología de las comunicaciones

A las técnicas de compresión de datos ya conocidas (DCT®, WaveLet®, LZW®, RLE®) se sumó la técnica fractal, que consiste en simplificar encontrando similitudes y parámetros de ajuste en la ecuación de la imagen, implicando menores espacios de almacenamiento y mayor velocidad. Pero el aporte más significativo de los fractales en el área de las telecomunicaciones es el ahorro de espacio. En los sistemas móviles de comunicaciones el uso racional del espacio es importante. La construcción de antenas fractales son más compactas y tienen respuestas en frecuencia diferentes 30 a las antenas tradicionales. Una aplicación en la ingeniería telemática (ver imagen).



**Figura 10: Representación fractal del tráfico de internet**



Fuente: Imagen tomada de Álvarez (2005).

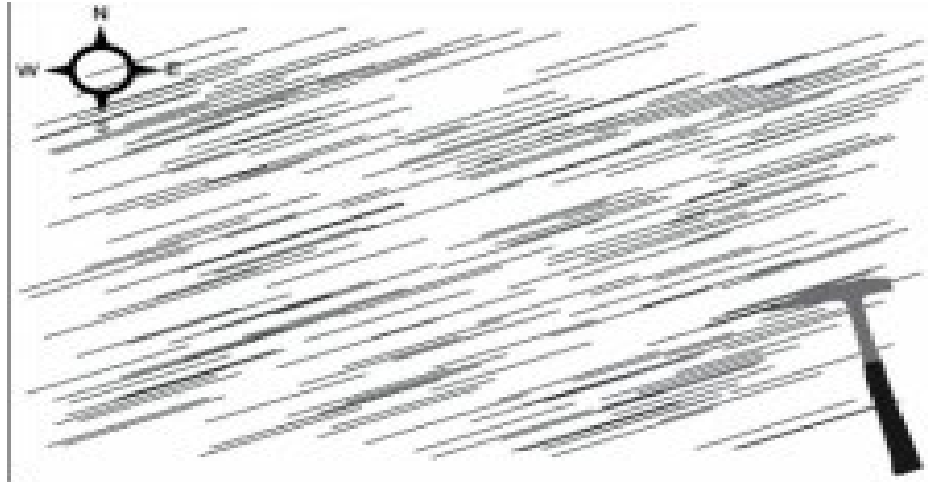
#### **4.3.2.3 Geología.**

Se aplican técnicas de fractales en la geología para localizar con mayor acierto yacimientos minerales filonianos de difícil distribución, microestructuras y redes de fractura. Véase en la Figura. también se hacen avances, por medio de investigación en modelamiento simulando patrones fractales, en áreas problemáticas y desconcertantes como el estudio de fallas, fenómenos de erosión, morfología fluvial (deltas, canales, etc.), hidrología subterránea, sismo-tectónica y



topografía terrestre. La figura muestra una representación fractal de un patrón de facturamiento.

**Figura 11: Patrón de afloramiento de fractura**

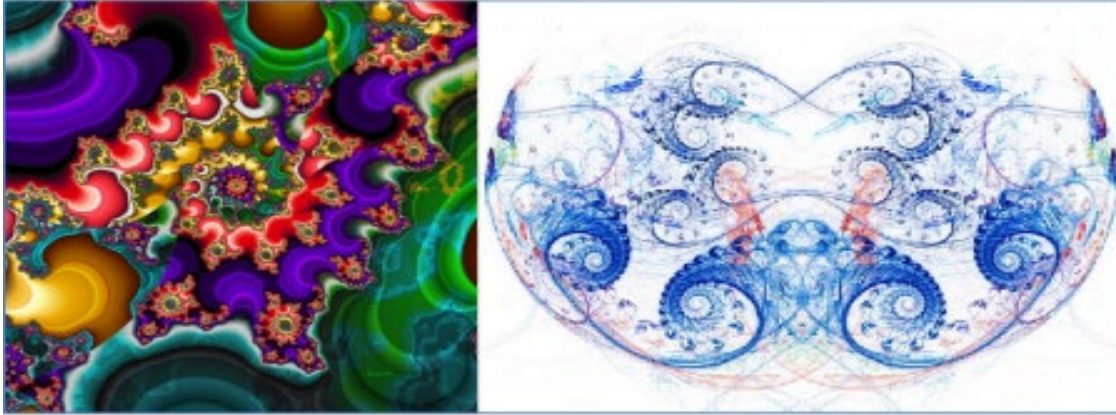


Fuente: Imagen tomada de Zamora (2019).

Por otro lado, se puede encontrar la geometría fractal en diferentes facetas del arte. En los mandalas, que son dibujos preparatorios para la meditación -según los budistas-, se encuentran similitudes con el conjunto de Mandelbrot. Las pinturas abstractas en las obras de Dalí, Escher y Pollack, se encuentran auténticos diseños fractales.



**Figura 12: Arte fractal**



Fuente: Tomado de Zamora (2019).

### 4.3.3 Geometría Fractal y Caos

Caos no es sinónimo de fractal, aunque se habla cotidianamente sobre la relación de estos e incluso hay trabajos que ilustran imágenes del caos con imágenes de fractales. La geometría fractal, describe los sistemas caóticos que encontramos en la naturaleza, mientras que los sistemas caóticos no son aleatorios, ni desordenados, solo lo parecen.

*“Las palabras claves del caos son: impredecibilidad, sensibilidad a las condiciones iniciales, en tanto que el grupo de ecuaciones determinístico describe el fenómeno. Las palabras claves de los fractales son: autosimilitud e invarianza en la escala. Muchos fractales no son caóticos como el Triángulo de Sierpinski, o*



*las curvas de Koch. Aun así, partiendo de bases distintas, los dos ámbitos tienen mucho en común: muchos fenómenos caóticos exhiben estructuras fractales (en los atractores extraños por ejemplo...; la estructura fractal también es obvia en fenómenos caóticos con sucesivas bifurcaciones como las ecuaciones logísticas o de población)” (Álvarez, 2005, p. 40).*

Es por eso por lo que podemos relacionar tanto el caos con los fractales, el fractal se manifiesta en varios aspectos al caos y podemos encontrar distintas características de uno en el otro como la autosimilitud, característica de los fractales o al revés cuencas de atracción o diagramas de bifurcaciones. Hasta no hace mucho tiempo había un código impregnado en la comunidad científica que en sistemas sencillos se comportan de manera sencilla y que el comportamiento complejo era el resultado de causas similares (complejas). Pero la aparición de la Teoría del Caos y la Geometría Fractal vienen a desmontar ese prejuicio: los sistemas sencillos pueden dar lugar a comportamientos complejos o sencillos. Además, los científicos han podido comprender como sistemas que anteriormente se creían totalmente caóticos, ahora exhiben patrones predecibles.



#### 4.4 Pensamiento Abductivo

Este apartado está centrado en el concepto de razonamiento abductivo tomando varios autores como referentes, tales como; Charles Sanders Peirce, Paul Thagard, Umberto Eco, Ricardo Bur entre otros. Resulta vital orientar de manera elemental y contextualizar al lector sobre el pensamiento abductivo, pero esto, se toma la idea de Uwe Wirth y seguido se desarrollará aspectos fundamentales para investigación relacionado a la abducción.

"La primera regla al descifrar un mensaje", dice Guillermo de Baskerville, el detective medieval en *El nombre de la rosa*, "es adivinar lo que significa". Para descifrar e interpretar una combinación reservada, *"pueden formarse algunas hipótesis sobre las posibles primeras palabras del mensaje, y luego ves si la regla, que infieres a partir de ellas, puede aplicarse al resto del texto"*. Al argumentar que ésta es una explicación de la interpretación que se aplica al proceso de comprender en general: se comienza con una conjetura hipotética que se transforma en una argumentación (Uwe Wirth, 2021).

Charles Sanders Peirce, académico norteamericano durante el final del siglo XIX e inicios del siglo XX. Experto en disciplinas como la filosofía, lógica y



científico estadounidense. Es considerado el padre del pragmatismo y la teoría de los signos.

Peirce en su obra; *Prolegomena to an Apology for Pragmatism* nombra inferencia abductiva a la “*adopción provisional de una hipótesis explicativa*” (Uwe Wirth, 2021) cabe resaltar que la abducción es el primer paso de la interpretación pues acabar dos estadios; (1) *la selección* y la (2) *formación de la hipótesis*. Citando a Uwe Wirth, “*la abducción es la base del proceso de interpretación de códigos generación inventada de códigos en un determinado contexto de comprensión*”.

Peirce propone una manera de explicar fenómenos a partir del planteamiento de hipótesis explicativas que surgen de hechos sorprendentes. “Hago una abducción siempre que expresé en una frase lo que veo. La verdad es que la fábrica de nuestro conocimiento, en su totalidad, es un espeso filtro de pura hipótesis confirmada y limitada por la inducción. El conocimiento no puede dar ni el más pequeño paso adelante con solo la observación, debe hacer a cada momento abducciones.” (Sebeok y Sebeok, 1979, p. 30).

En este sentido, a partir de la observación *detallada* y la formulación de hipótesis, es que Peirce plantea que la causa de una situación problemática no es fácil inferir por simple casualidad, es decir, las respuestas a los problemas no se



encuentran por azar, o como se dice popularmente, *me tropecé con esto*. De igual manera, Sebeok y Sebeok (1987), menciona que; a partir de la exégesis de los pensamientos de Peirce, es fundamental llevar un detallado procedimiento para encontrar las soluciones a los problemas para obtener los resultados; independientemente que sean favorables o no.

En ese marco, Peirce, citado por Eco y Sebeok (Eco y Sebeok, 1989, p. 271) menciona que; abducción preside el conocimiento de cualquier índole, incluida la percepción y la memoria, también plantea que mientras la inducción es la inferencia de la regla a partir de un caso y un resultado, la hipótesis es la inferencia del caso a partir de la regla y el resultado.

En concordancia, la abducción y la inducción se articulan, se complementan, en el sentido de que la una comprueba a la otra, es decir, en palabras de Peirce; mientras que la abducción es la hipótesis que se plantea a partir de un hecho sorprendente, la inducción es el experimento para comprobar esa hipótesis, además los procesos abductivos explican un hecho asumiéndolo como un caso que cabe dentro de la regla que se está trabajando. Adicional a esto, la deducción también se podría articular con la abducción en el sentido de que la obtención de la explicación del fenómeno da origen al conocimiento a partir de premisas básicas.





Además, en relación con Santaella (2011, p. 6) cuando emergen fenómenos sorprendentes se busca su posible causa y su explicación, en consecuencia, de acuerdo con la autora, lo primero que se debe hacer es delimitar las probables consecuencias experimentales, por lo tanto, lo primero en hacer sería una deducción.

Se puede decir entonces que la deducción es la inferencia de un resultado a partir de la aplicación de una regla a un caso; la inducción es la inferencia de la regla originada en el caso y un resultado; la abducción consiste hacer la inferencia de un caso a partir de la regla y un resultado. Por lo tanto, y con base en lo que plantea Ricardo Bur (2003) “se plantea una hipótesis sin fuerza probatoria (abducción), para luego extraer de dicha hipótesis consecuencias (deducción), lo que culmina con la puesta a prueba de dichas consecuencias (inducción), lo que permitirá verificar o no la hipótesis del primer momento.”

A partir de los trabajos desarrollados por Peirce, diversos autores han llevado a cabo estudios y desarrollado clasificaciones para dar a entender de una mejor manera lo que se conoce como inferencia abductiva.





#### 4.4.1 Propuesta de Paul Thagard.

Para este autor la abducción se define como la inferencia de una hipótesis con el objetivo de explicar un fenómeno problemático. Además, propone tres criterios para escoger la mejor explicación de un fenómeno sustentada en la evidencia disponible, la cual debe partir de la aceptación de una teoría (1978, 1993).

El primero es la abordabilidad o “*consilience*” que se refiere a cuanto de la evidencia disponible puede explicar una teoría con respecto a otra. Se puede decir que una teoría tiene una mayor abordabilidad si explica más de dos clases de hechos que otra teoría, que deben estar enfocados en los más importantes, pero sin decir que no se contemplen también la cantidad de hechos inexplicables alrededor de una teoría (Thagard 1978, 1993).

El autor conceptualiza lo que es la *Abducción*, retomando las ideas propuestas por Peirce, en el sentido de que la formación de hipótesis explicativas puede ser el conducto para la puesta en escena de nuevas teorías, por lo tanto, las reglas generales en la solución de problemas pueden generar hipótesis que expliquen esos problemas. Para Thagard (Thagard, 1989, p. 50), “la abducción es un fenómeno invasivo en la ciencia y en la vida cotidiana”, de igual manera, la Inteligencia Artificial se ha valido en gran parte de la abducción para la evaluación



y formulación de diversas hipótesis explicativas; pero el punto clave quizá son los mecanismos que propone Thagard para la generación de hipótesis. En este sentido, el autor propone cuatro tipos de abducción bajo el criterio de uso y organización del conocimiento.

La primera forma de obtener hipótesis explicativas es la llamada (1) *abducción simple*, la cual genera hipótesis sobre objetos o situaciones individuales, ésta a su vez “es apropiada cuando el sistema tiene que explicar algún mensaje y existe una regla habitualmente activa que lo explicaría si se formulara un supuesto adicional” (Thagard, 1989, p. 53). De igual manera, la abducción simple es una inferencia de cualquier situación problemática o no, basada en la sustentación de mensajes a partir de la regla activa.

(2) *La abducción existencial*, es donde se postula la existencia de lo no observable, sea objetos o situaciones, esta abducción se puede formular a partir de la información preexistente, de igual manera “cuando un sujeto agota toda posibilidad de explicación desde la teoría sobre un fenómeno le queda la posibilidad de traer elementos de otras teorías o campos de saber cómo herramientas.”

(3) *La abducción formadora de reglas* con la cual se busca la explicación de reglas a partir de la producción de diversas reglas (o reglas menos complejas);



aquí se describen dos modos de su utilización para la obtención de dichas reglas:

“el primero es problemático y no parece jugar ningún papel en la formación de las teorías; el segundo es una combinación de la abducción y la generalización”

(Thagard, 1989, p. 60). En consecuencia, este tipo de abducción es la que genera una regla para dar explicación a un fenómeno, en ese sentido se considera importante a la hora de producir explicaciones sobre algo desconocido.

(4) *La abducción analógica*, es la que utiliza situaciones ya conocidas en la generación de hipótesis análogas a esa situación. En la búsqueda de conocimiento científico, las hipótesis particulares salen a la luz de los hechos, ya que, según el autor, basándose en situaciones previas conocidas, las hipótesis de un hecho particular tienen más posibilidad de ser útiles debido a sus resultados viables en situaciones similares. En ese sentido, la explicación de un fenómeno sería más factible a partir de las abducciones que parten de situaciones similares al hecho a explicar. Por lo tanto, esta forma de abducción es la que se basa en formación de hipótesis previas para crear hipótesis explicativas similares a las que ya se han elaborado.

Teniendo en cuenta las clases de abducciones según Paul Thagard (1989), “la formación de hipótesis explicativas son un medio para descubrir nuevas teorías, activar reglas, desarrollar nuevos conceptos a partir de la combinación conceptual teniendo como origen común la observación”.



La siguiente tabla sintetiza lo expuesto por Paul Thagard y se contextualiza en la educación, principalmente en la resolución de acontecimientos cotidianos.

**Tabla 4: Procesos del razonamiento abductivo**

Proceso de razonamiento para la resolución de problemas			
<p>Abducción</p> <p>El estudiante plantea una conclusión a manera de hipótesis explicativa que parte de hechos o datos insuficientes e innecesarios presentes en el acontecimiento educativo, por lo tanto, es susceptible de error. El estudiante plantea una hipótesis coherente a partir</p>	Tipos de Abducción	Simple	El estudiante formula una hipótesis que hace uso de reglas (que siguen la estructura lógica “Si ocurre A entonces posiblemente ocurre B”) relacionadas con los conceptos desarrollados previamente en clase para explicar los hechos conocidos de la actividad a resolver.
		Existencial	El estudiante formula una hipótesis que postula la existencia de un elemento adicional a los presentes en el suceso (muchas veces no observable) que explica la situación de la consultante.
		Formadora de reglas	El estudiante formula una hipótesis explicativa que implica plantear una regla general a partir de una relación identificada en los hechos conocidos del acontecimiento a resolver.



de datos o hechos que considera relevantes, estableciendo relaciones entre ellos.		Analógico	El estudiante formula una hipótesis explicativa idéntica o similar a otra hipótesis explicativa que fue utilizada en un caso con hechos que tienen semejanza al problema a resolver.
---	--	-----------	--

#### 4.4.2 Propuesta Umberto Eco.

A partir de su mirada semiótica, Eco propone cuatro tipos de inferencia abductiva a partir del criterio del “Esfuerzo Abductivo”, entendiendo éste como el “grado de facilidad o dificultad con la que se interpreta un signo”, es decir, un individuo puede hacer una inferencia abductiva que sea satisfactoria con facilidad o dificultad, lo cual depende del grado de experiencia que posea el sujeto frente a la situación a la que se enfrenta y/o pretende solucionar.

A partir de ese esfuerzo abductivo, las cuatro clases de Inferencia Abductiva (IA) de Eco son:

**Hipercodificado:** En esta abducción, el sujeto observador, al hacer la interpretación de códigos, debe contar con una suficiente experiencia para llegar con facilidad a la regla que hará parte de la inferencia abductiva, aquí se parte de



la selección casi que automática de la regla para registrar un hecho. En este tipo de abducción se puede trabajar con la producción de signos a partir de los síntomas e indicios. Los síntomas son aquellos eventos físicos que se remiten a la clase de sus causas posibles, por ejemplo, la piel roja y con ardor significan que estuvo de fin de semana en la playa y no se protegió; mientras que los indicios son cosas dejadas por alguien externo en un sitio donde sucedió algo y por alguna razón se reconocen como vinculados físicamente a ese alguien y ese sitio, por ejemplo, los indicios que seguía Peirce para poder descubrir al ladrón de sus alhajas, relato descrito en el texto *Sherlock Holmes y Charles S. Peirce, el método de la investigación* de Sebeok y Sebeok.

**Hipocodificada.** Esta abducción es en la que el sujeto selecciona la regla para someterla a prueba o verificación; esta regla se selecciona de un grupo de reglas con iguales probabilidades de escogencia y con algo en común, puesto que dicha regla “se selecciona como la más plausible entre muchas, pero no es seguro que sea o no la “correcta”, la explicación no solo se toma en consideración en espera de ser puesta a prueba.” (U. Eco y Sebeok, 1983).

**Creativa.** La cual se origina en otras abducciones, y de acuerdo con el texto *Sherlock Holmes y Charles S. Peirce, El método de la Investigación*, en donde se pone de ejemplo *los hallazgos* de Holmes, en este tipo de abducción se tiende a



inventar ya que los referentes del fenómeno a indagar no denotan ninguna regla conocida. A manera de ejemplo, Eco ilustrando una de las historias de Holmes, dice que éste “descubre lo que Watson murmura entre dientes, y lee el curso de su pensamiento en su rostro, especialmente en sus ojos. El hecho de que el curso del pensamiento imaginado por Holmes coincidiera perfectamente con el real de Watson es una prueba de que Holmes inventaba “bien” (o en armonía con cierto curso “natural”)" (Eco y Sebeok, 1983). Se puede decir entonces que hacía una abducción creativa.

**Meta-abducción.** En este tipo de abducción se observa el universo, la generalidad que podría estar enmarcada por otro tipo de abducciones (una Hipocodificada por ejemplo) y se decide o explica si obedece al mismo universo de la experiencia específica, en otras palabras, “consiste en decidir si el universo posible delineado por nuestras abducciones de primer nivel es el mismo que el universo de nuestra experiencia [...] el conocimiento del mundo corriente nos permite pensar que la ley ya ha sido reconocida como válida, y se trata solo de decidir si la ley es adecuada para explicar los resultados” (Eco y Sebeok, 1983)



#### 4.5 Currículo no lineal

La real academia española (RAE), define al currículo como el conjunto de estudios y prácticas destinadas a que el alumno desarrolle plenamente sus posibles (RAE, 2020) Por otra parte, el ministerio de educación nacional de Colombia (MEN), fija al currículo como el conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías, y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural nacional, regional y local, incluyendo también los recurso humanos, académicos y físicos para poner en práctica las políticas y llevar a cabo el proyecto educativo institucional (Mineducación, 2020) en este sentido, para proporcionar un proceso de adquisición de conocimiento conveniente a la cultura y las necesidades educativas del estudiante y la población en general según las exigencias del entorno que lo rodea. La investigación desarrollada pretende potencializar el razonamiento abductivo en los escolares de quinto grado por medio de la geometría fractal al igual que orientar de manera fundamental los elementos básicos de modelos curriculares que se encaminan hacia el pensamiento complejo. La elaboración del currículo no lineal como herramienta de transformación educativa, con la adaptación de estrategias que permite la articulación de experiencias y procesos inherentes a la potencialización de razonamiento abductivo facilitaría adquisición de temáticas desarrolladas en las diferentes asignaturas. En este orden de ideas, un currículo





complejo favorece de manera directa la relación entre las prácticas investigativas y las pedagógicas al igual que el uso de las Tics.

Existen varios modelos curriculares, que pueden ser técnicos conductistas, deliberativo práctico y sociocrítico. Flores (2017), en su artículo “*La construcción del currículum de las instituciones de educación superior desde el pensamiento complejo*” ilustra los elementos necesarios para la construcción de modelos curriculares.

La tabla “*modelos curriculares*” no incluye el modelo curricular fundamentado en el pensamiento complejo e ilustra modelos curriculares tradicionales en la educación.

En el modelo técnico conductista se hace evidente el predominio de una enseñanza reflexiva y mecánica, en la que los estudiantes se les reduce su capacidad de asombro, y se limita y condiciona sus aprendizajes. El modelo deliberativo práctico se diseña de forma reflexiva y abierta, según los intereses del estudiante. El modelo sociocrítico se elabora según las necesidades de la comunidad o el contexto que lo rodea.



**Tabla 5: Modelos curriculares**

Aspecto	Técnica conductista	Deliberativo Práctico	Sociocrítico	Complejo
<b>Estructura curricular</b>	Conocimiento científico, medio, fines. Narrativo descriptivo.	Deliberación, no hay estructura establecida.	De hecho, como práctica.	Conocimientos y saberes, sistémico.
<b>Contexto</b>	Desarrollo industrial, el estado determina los intereses.	Institución educativa y sociedad. Aprendizaje interpersonal. Diversidad del estudiante.	La transformación de la comunidad local.	Cultura y valores.
<b>Componente central</b>	Objetivos, contenidos, temáticos, conductas del estudiante	Intereses, procesos, construcciones, problemas	Negociación según proceso de cambio	Autonomía/dependencia, diálogo, metacognición y conciencia
<b>Organizador curricular</b>	Lineal, deductivo o inductivo,	Flexible, valoración consensuada,	Descubrir y explicar las rutinas sociales.	Hologramático, retroactividad,



	diseño institucional.	aprender haciendo.		recursividad, reintroducción.
<b>Diseñador</b>	Expertos a nivel nacional.	El profesor y el comité del currículo.	Diálogo de la comunidad de cada nivel educativo.	De abajo hacia arriba, estudiantes, profesores, diseñadores.

Fuente: Tomado de Flores (2014).

El modelo de diseño curricular complejo está abierto a la incertidumbre, la reflexión y crítica. Pero el principal reto es lograr un cambio en concebir el proceso de su diseño y desarrollo. Un currículo con base en el pensamiento complejo se caracteriza por considerar como un punto de partida el futuro deseable y aceptable; su diseño retoma elementos de la prospectiva para la construcción de figurativos como resultados de una reflexión crítica del futuro.

La tabla “*Modelo Curricular Complejo*” expresa la intencionalidad planteada bajo la idea del currículo no lineal.



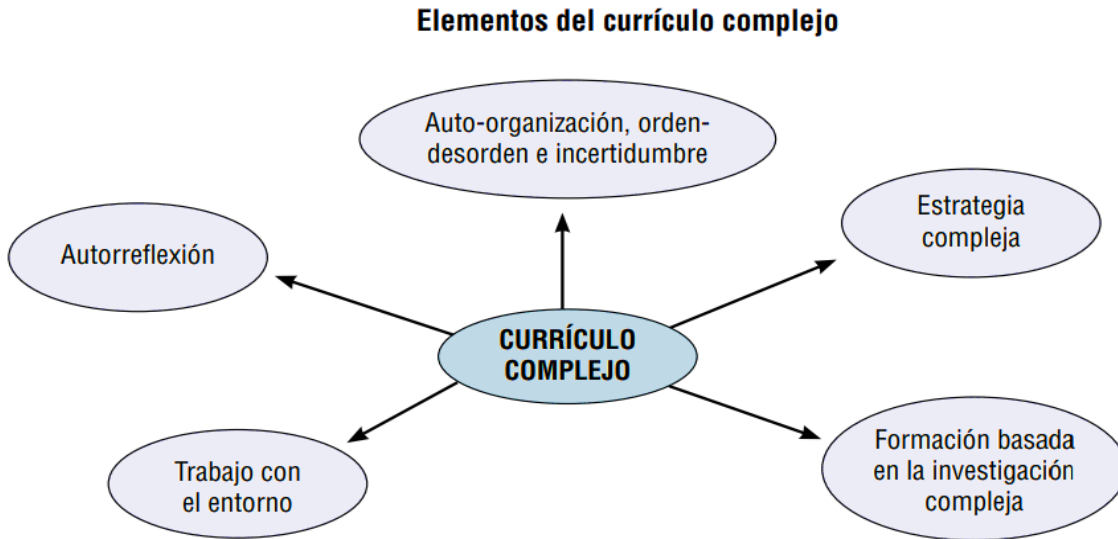
**Tabla 6: Modelo curricular complejo**

<b>Aspecto</b>	<b>Complejo</b>
<b>Estructura</b>	Conocimiento y saberes, sistémico
<b>Contexto</b>	Cultura, valores
<b>Componente central</b>	Autonomía/dependencia, diálogo, metacognición y conciencia.
<b>Organización curricular</b>	Hologramático, retroactividad, recursividad, reintroducción.
<b>Diseño</b>	De abajo hacia arriba, estudiantes, profesores, diseñadores.

Fuente: Tomado de Flores (2014).



**Figura 13: Elementos del currículo complejo**



Fuente: Tomado de González (2016).

El diseño y desarrollo del currículum, fundamentado en el pensamiento complejo, propicia una reflexión crítica del futuro, confrontando con el presente, para indicar en la problemática educativa de nuestro tiempo considerando la construcción de futuros escenarios. En este orden de ideas, la construcción de un currículo no lineal bajo la identificación de los tipos de inteligencia propuestos por Howard Garner (1983), los estilos de aprendizajes Richard Bandler y John Grinder (1988), y la geometría fractal propuesta por Mandelbrot permitirías potencializar el razonamiento abductivo de los estudiantes puesto que acabaría incertidumbre, estrategias pedagógicas complejizadas, trabajo en el entorno que los rodea. En



este orden de ideas, un currículo no lineal también debe incluir contenidos interdisciplinarios y contextualizados. Emiliano Ortiz (2011) en su artículo interdisciplinariedad en las investigaciones educativas menciona que “la interdisciplinariedad es el establecimiento de nexos recíprocos, interacciones, intercambios múltiples y cooperación entre dos o más ciencias particulares que tienen un común objeto de estudio desde perspectivas diferentes, o que se aproximan a las propiedades y relaciones específicas de ese objeto con distintos aparatos teóricos y metodológicos para desentrañar los diversos aspectos de su esencia, con el propósito de lograr un conocimiento cada más integral del mismo y de las leyes que rigen su existencia y desarrollo” que a su vez resulta vital para el proyecto de investigación.

#### **4.6 Red compleja**

En el año 1736 el matemático suizo Leonhard Euler fue puesto a prueba y en sus palabras menciona que

*Me pusieron un problema sobre una isla en la ciudad de Königsberg, que se encuentra rodeada por un río al que cruzan 7 puentes: me preguntaron si alguien podría dar un paseo que cruzara por todos los*



*puentes pasando por cada uno solo una vez. Fui informado que hasta ahora nadie había mostrado que esto fuera posible, ni demostrado que no lo fuera. La pregunta es banal, pero me pareció digna de atención porque ni la geometría, ni el álgebra, ni aun el arte de contar fueron suficientes para resolverla. En vista de esto, se me ocurrió preguntarme si pertenecería a la geometría de la posición tan buscada alguna vez por Leibnitz. Así que después de alguna deliberación, obtuve una regla, simple pero firme, con cuya ayuda uno puede decidir inmediatamente para todos los ejemplos de este tipo, con cualquier número de puentes arreglados de cualquier modo, si tal paseo es posible o no... (Coto, 2007).*

Tomando como base el ejercicio de expuesto por Euler, se desarrolla lo que hoy se conoce como teoría de grafos, que, a su vez, es fundamental en la estructura de redes, debido a que estas últimas son topológicamente grafos con nodos y aristas, esta última conecta los nodos (Aragón y Perdomo, 2019).

En la década de los sesenta, Erdos y Réndy postulan las características de las redes aleatorias y comprueba propiedades de las redes aleatorias y muestran atributos estadísticos importantes, como los nodos en una red aleatoria comparten entre todo el mismo número de interacciones, de manera que la distribución de los nodos da como resultado una campana o curva normal (Newman, 2013). A finales de la década de los noventa, el sociólogo Duncan J. Watts y matemático Steve H.



Strogatz publican en la revista *Nature*, el artículo *Colective dynamics of “small-word” networks*, En el cual exteriorizan el número de enlaces en una red natural es muy pequeña comparándolos con el número de nodos y a su vez la distancia media entre nodos es mucho mejor que el tamaño del sistema (Rojas y Montealegre, 2018). En palabras de Aragón y Perdomo (2019) la separación entre nodos de redes de diferente naturaleza es pequeña, responde a un mundo pequeño o relación con pocos grados de separación entre nodos, lo que se conoce hoy como diámetro de la red. En ese sentido, los nodos en las redes de mundo pequeño están alejadas por pocos grados de separación, es decir, las redes de mundo pequeño tienden a mostrar diámetro de red pequeña (Aragón y Perdomo, 2019).

Barabási y Albert toman los trabajos expuestos por Euler, Erdos & Réndy para las redes aleatorias, se desarrolla un trabajo donde comprueba la existencia de otra red diferente, que no es aleatoria e ilustra particularidades no determinadas en investigaciones anteriores, pero es común en el entorno cotidiano. Estas redes se conocen como redes de libre escala; las características fundamentales de estas redes son: (1) la red se expande continuamente de acuerdo con la adición de nuevos nodos, (2) estos nodos se conectan preferiblemente, es decir, muchos nodos pocas conexiones y muy pocos nodos con muchas conexiones, estas últimas se denominan nodos hubs, (3) su distribución de grados sigue una ley de





potencia (Science, 1999). En este sentido, una red libre de escala es un particular tipo de red compleja. Este tipo de redes están compuestas por pocos hubs que están altamente conectados, y muchos nodos con muy pocas conexiones (Quora, 2021). Para Davis y Sumara (2006) las redes libres de escala son una de las formas de complejidad.

Para la finalidad del desarrollo de la investigación es necesario mencionar a Reynoso (2011) pues menciona que “la evolución y modelos en red de la genómica, de los orígenes de la vida, los espacios urbanos, el lenguaje, la cultura, la música, los textos, las funciones biológicas, las enfermedades humanas y hasta la actividad cerebral”. Este sentido, las redes complejas se pueden contextualizar en la educación y específicamente en sintetizar las inteligencias múltiples, los estilos de aprendizaje VAK y el razonamiento abductivo para estructurar estrategias didácticas desde un enfoque interdisciplinario y enmarcado en las ciencias de la complejidad pues para Maldonado las redes es la quinta de las ciencias de complejidad (Maldonado y Gómez, 2010).



## 5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1 Objetivo general

Fortalecer el razonamiento abductivo en los estudiantes de quinto grado de escolaridad del Colegio Claretiano de Neiva – Huila a través de la geometría fractal como estrategia didáctica interdisciplinar.

### 5.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las inteligencias múltiples, estilos de aprendizaje y el pensamiento abductivo de los estudiantes del grado quinto del Colegio Claretiano.
- Estructurar por medio de redes complejas una estrategia didáctica interdisciplinar mediante secuencias didácticas para potencializar el razonamiento abductivo utilizando la geometría de fractal.



- Evaluar el impacto de la estrategia didáctica interdisciplinar en términos del razonamiento abductivo por medio de la minería de datos.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Tipo y enfoque de la investigación

De acuerdo con lo que expone L. Kuhn sobre el uso de un “lenguaje diferente conlleva la generación de significados diferente” (Kuhn, 2008), se propone la complejidad como enfoque metodológico.

El uso de la complejidad como enfoque metodológico hace indispensable que la presente investigación no se debe enmarcar en un enfoque de tipo de investigación tradicional, según L.Kuhn (2008) a clara que realizar una investigación sobre entornos y actividades humanas, esfuerzo humano, seres humanos, asociaciones de individuos como la escuela, exige la conciencia de estar frente a un fenómeno complejo que demanda ser abordado desde los marcos de referencia que la comunidad de investigación en complejidad han construido (Kuhn, 2008, p. 173–174).



Es por esto que el presente proyecto pretende desmarcarse de las variables del estudio tradicional, en un ejercicio de “seguir la mente a tendencias investigadoras emergentes” (Anguera, 2014).

Esta investigación se enmarca en el campo de la educación, por lo tanto, el investigador tiene el interés de aportar a la transformación de la sociedad como emergencia de su compromiso social. En este orden de ideas complejizar la educación es desmarcarse de contenidos y doctrinas.

Según Maldonado (2019, p.49) una educación compleja no es una educación con contenidos basados en las ciencias de la complejidad, tan solo trata de cambiar estilos, escalas, modos y herramientas al mismo tiempo.

De este modo, nuestro proyecto pretende potencializar el razonamiento abductivo el cual se desenmarca de lo clásico y cotidiano en el aula de clases, haciendo uso de la geometría fractal como herramienta didáctica interdisciplinar, de manera exploratoria e innovadora.

Aun así, esta investigación no deja de presentar característica de los estudios tradicionales tales como el enfoque mixto, que según Samperini (2018) la ruta de investigación mixta se enmarca como la integración que implica combinar



los métodos cuantitativo y cualitativo en un mismo estudio, asumiendo que es un enfoque relativamente nuevo, de este modo las variables a estudiar serían razonamiento abductivo, estilos de aprendizaje que predominan en la población de estudio y los tipos de inteligencia que más sobresalen.

Alcance descriptivo que busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población Sampieri (2014). En este orden de ideas, la presente investigación tiene características descriptivas, en cuanto permite investigar los factores que potencian el desarrollo del razonamiento abductivo a los niños del grado quinto mediante la inclusión de elementos de la geometría fractal y simulación computacional.

Longitudinal y pre experimental, pues como explica Sampieri (2018) son los estudios que recaban datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y sus efectos. De la misma forma Sampieri (2018) afirma que un diseño preexperimental es un diseño de un solo grupo cuyo grado de control es mínimo. Generalmente es útil como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad. Lo que se aproxima a esta investigación, pues se evaluará el proceso de evolución de los estudiantes del grado quinto del colegio claretiano de Neiva – Huila (donde el grupo de control y el de investigación es el mismo) durante

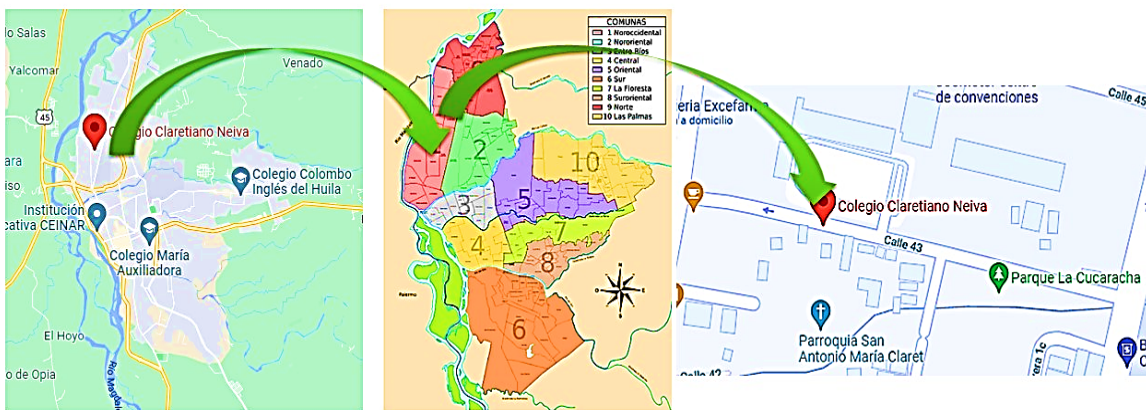


la aplicación de las guías realizadas mediante un estudio diagnóstico y un análisis de resultados.

## 6.2 Universo de estudio, población y muestra

El colegio Claretiano está ubicado en la calle 43 N° 1 – 109, Neiva, Huila en el barrio Cándido Leguízamo, comuna uno al noroccidente de la ciudad.

**Figura 14: Ubicación geográfica del Colegio Claretiano - Neiva**



Fuente: Tomado y adaptado de Google Maps (2021)

Para hablar del Colegio Claretiano es indispensable retomar la fundación del “Centro Laboral de Capacitación Juvenil”, el cual lo inició el Sacerdote Claretiano LUIS IGNACIO ANDRADE en el año 1965 con el objetivo específico de



dar respuesta oportuna y eficaz a los problemas de orfandad de hogares campesinos que había dejado de violencia de la década del cincuenta en la zona rural de los Departamentos del Huila y Tolima.(Claretiano Neiva, 2021) para el año 2021, la institución cuentan con 523 estudiantes, dos coordinadores, una psicóloga, una trabajadora social, un auxiliar enfermería, 40 profesores y el padre rector.

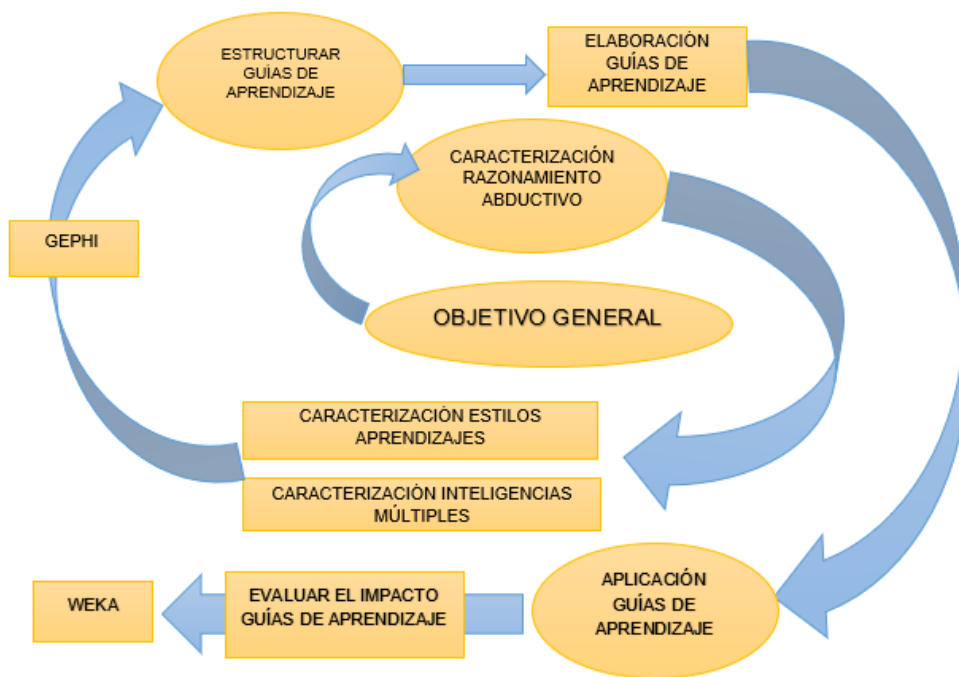
El universo de estudio para el desarrollo de la investigación está conformado por los estudiantes del Colegio Claretiano del municipio de Neiva, departamento del Huila, donde la población son los estudiantes del grado quinto. Se seleccionan una muestra de 42 escolares entre los dos cursos (501 y 502), que para efectos de aplicabilidad de esta se tiene en cuenta aquellos educandos que poseen dispositivos electrónicos y conectividad a internet. Estos grados están conformados por 42 estudiantes entre hombres y mujeres que oscilan en un intervalo entre los 9 y 12 años.

Dentro de los grupos de investigación no se denotan diferencias entre grupo control o grupo experimental, pues debido a las circunstancias de emergencia nacional sanitaria los modelos educativos y el contenido curricular se adaptaron a sesiones académicas remotas y jornada presencial alternada, debido a esto, la población de estudio no es reducida pero por motivos de conectividad y

disponibilidad de dispositivos electrónicos solamente presentarán el sondeo los aprendices que están en sesiones virtuales y alternancia.

### 6.3 Estrategias Metodológicas

**Figura 15: Estrategia de metodológica utilizada**



Fuente: Elaboración propia (2021).





Las estrategias metodológicas responden a cada uno de los objetivos específicos, los que a su vez buscan alcanzar el objetivo general, y, en consecuencia, dar respuesta a la pregunta problema que dinamiza la presente investigación. Por tanto, con el propósito de lograr potencializar el razonamiento abductivo por medio de la geometría fractal de manera didáctica interdisciplinar, con la complejidad como enfoque metodológico, en estudiantes de grado quinto del colegio claretiano de Neiva – huila, se elabora la siguiente estrategia:

Esta investigación se desarrollará en tres fases concordantes con los objetivos específicos planteados.

Fase 1: Para determinar las variables de análisis de la población estudiantil, se diseñan 3 test, con el objetivo de recolectar información, estas pruebas se desarrollaron de la siguiente manera, un primer test en el cual se identificarán los tipos de inteligencia basándonos en las inteligencias múltiples de Howard Gardner, un segundo test en el cual se identificarán los tipos de aprendizaje Planteado por Richard Bandler y John Grinder (1988), recibe también el nombre de VAK (en referencia a visual-auditivo-kinestésico), por último se realizará una guía de resolución de problemas como eje fundamental del razonamiento abductivo.



Fase 2: A partir de los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas, se procede a identificar las emergencias mediante el uso de redes complejas, con el fin de realizar las guías de aprendizaje, las cuales estarán estructuradas en cinco guías con el objetivo fundamental de reforzar el razonamiento abductivo por medio de la geometría fractal.

Fase 3: Utilizando el instrumento de recolección de información y los resultados de la fase anterior se procedió a identificar los elementos a estudiar mediante la herramienta computacional Weka. Finalmente se entrega un documento al colegio claretiano con las estrategias direccionadas a fortalecer el razonamiento abductivo.

## 6.4 Técnicas e instrumento de Investigación

**Tabla 7: Herramientas Telemáticas Utilizadas**

HERRAMIENTA	APLICACIÓN
Word	Permitió la consolidación del documento de tesis
Excel	Permitió la organización de la información recolectada en tablas, que posteriormente alimentaron el programa de modelación.



<b>Formulario de Google drive</b>	Permitió el diseño, aplicación de la prueba, así como la sistematización inicial de la información recolectada.
<b>PowerPoint</b>	Permitió el diseño de las diapositivas utilizadas para la sustentación del documento.
<b>Buscadores académicos</b>	Permitió la búsqueda de información académica que sustenta este documento.
<b>Gephi</b>	Permitió la sistematización de la información recolectada.
<b>Netlogo</b>	Se usó como herramienta didáctica en el aprendizaje.

Fuente: Elaboración propia (2021).

### **Weka**

Es una herramienta de tipo software para el aprendizaje automático y minería de datos diseñado a base de Java y desarrollado en la *Universidad de Waikato*, además, es una herramienta de distribución de licencia *GNU-GLP* o software libre. *Weka* contiene una colección de algoritmos para realizar análisis de datos y modelado predictivo, también tiene herramientas para la visualización de estos datos, además provee una interfaz gráfica que unifica las herramientas para que estén a una mejor disposición (Waikato, 2021).



## Gephi

Es una herramienta desarrollada en Java para visualizar y analizar grandes o pequeños gráficos de red, Inicialmente desarrollado por estudiantes de la University of Technology of Compiègne

También se usa para explorar y entender los grafos, ya que permite representar, manipular, colorear. su objetivo es ayudar a los Data Analysts a realizar hipótesis, descubrir patrones (Unpocodejava, 2021).

## Netlogo

NetLogo es un entorno de modelado programable para simular fenómenos naturales y sociales. Fue escrito por Uri Wilensky en 1999 y ha estado en continuo desarrollo desde entonces en el Center for Connected Learning and Computer Based Modeling (Centro de Aprendizaje Conectado y Modelado Basado en Computadora).

NetLogo es una herramienta especialmente adecuada para modelar sistemas complejos que se desarrollan con el tiempo. Los modeladores pueden dar instrucciones a cientos o miles de "agentes" que operan independientemente. Esto permite explorar la conexión entre el comportamiento a nivel micro de los individuos y los patrones de nivel macro que surgen (emergen) de su interacción. Miranda (2018).



## 7. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Nuestro capítulo de resultados, que corresponde a la solución del problema de investigación planteado, está organizado en tres capítulos que dan cuenta del logro de los objetivos específicos y general de nuestra investigación: Los resultados de caracterizar el razonamiento abductivo, los resultados de la elaboración de las guías didácticas y su aplicación, y finalmente los resultados de la producción física de la unidad didáctica.

### 7.1 Análisis de Resultados

#### 7.1.1 Caracterización del razonamiento abductivo

Para llevar a cabo este objetivo, se realizaron tres pruebas los cuales consistían en identificar el tipo de inteligencia de los estudiantes, sus estilos de aprendizaje y por último el tipo de razonamiento abductivo según la idea de Paul Thagard.

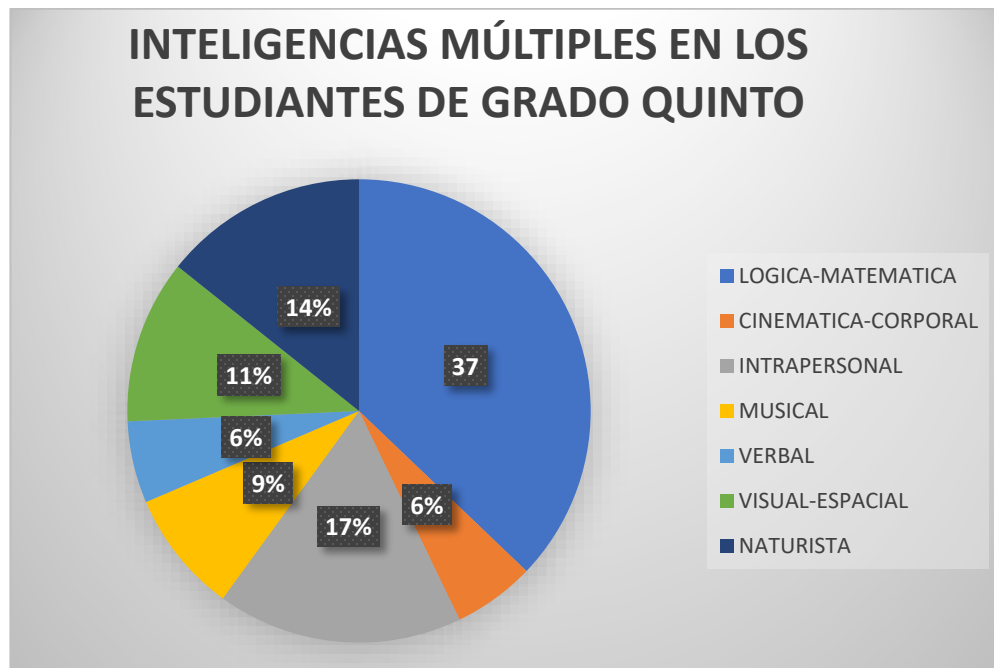
#### Inteligencias múltiples

Para el primer test se realizaron treinta y un preguntas de manera dicotómica tomado de Psicoactiva.com (2020b), en las cuales se buscaba



identificar el tipo de inteligencia plateado por Howard Gardner que predominante en los escolares.

**Figura 16: Inteligencias múltiples**



Fuentes: Elaboración propia (2021).

Teniendo en cuenta los resultados representados en la figura 16. Se puede evidenciar que el 37% de los estudiantes tienen desarrollada la inteligencia *lógica* – *matemática*, los cuál significa que se destacan porque suelen pensar de forma más conceptual y abstracta. Posiblemente les guste trabajar con números,



resolver problemas, analizar circunstancias, para Gardner este de inteligencia implica la habilidad para detectar patrones, razón deductiva y pensar lógicamente. Por otro lado, un 6 % de los estudiantes evidencian una inteligencia cinemática – corporal, un 17% inteligencia intrapersonal, un 6% inteligencia musical, un 11% inteligencia visual – espacial, un 6% inteligencia verbal (lingüística) y, por último, un 14% inteligencia naturista.

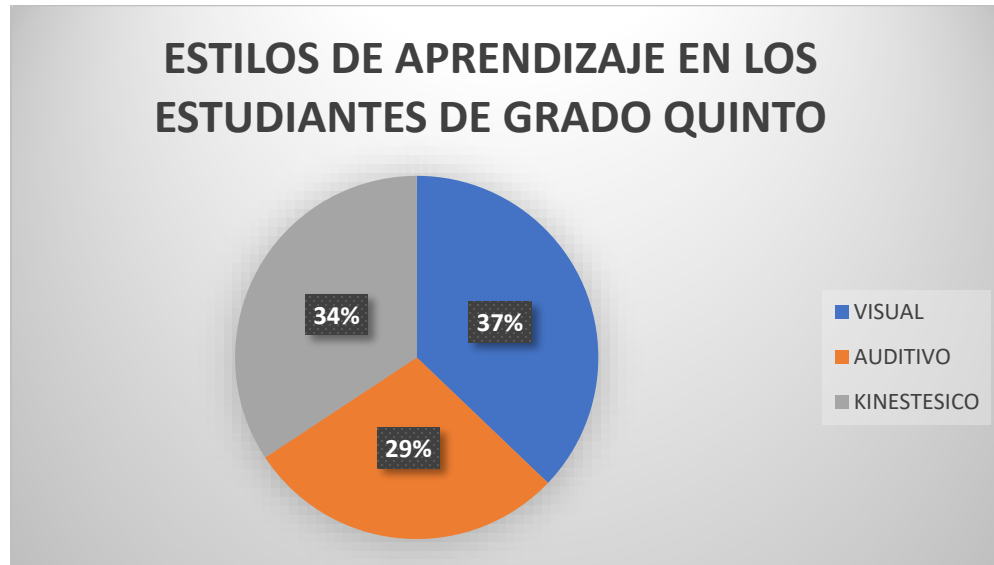
Es necesario notar que, según la prueba aplicada se logra identificar la prevalencia de las inteligencias enunciadas, no significa que los educandos tengan otras inteligencias, las cuales operan de manera simultánea a la predominante en sus actividades académicas.

### **Estilos de aprendizaje**

Para la segunda prueba se realizaron 24 preguntas de selección múltiple tomadas y adaptadas de psicoactiva.com (2020a), con el objetivo principal de identificar el estilo de aprendizaje propuesto por Richard Bandler y John Grinder (1976) de cada estudiante.



**Figura 17: Estilos de aprendizaje**



Fuentes: Elaboración propia (2021).

En este sentido, tras la aplicación del segundo test “*Estilos de aprendizaje*” se obtuvieron los resultados, expuestos en la figura 17. Se evidencia que predomina el visual con un 37%, seguido de un estilo kinestésico con un 34% de los estudiantes y por último el 29% de los estudiantes tiene un estilo de aprendizaje auditivo.

Los estilos de aprendizaje identificados bajo el modelo planteado VAK, utilizan los tres principales receptores sensoriales: visual, auditivo y kinestésico para determinar el estilo dominante de aprendizaje de una persona (Evirtualplus, 2020). En este sentido, el estilo que predomina los escolares de grado quinto es el





visual cuyas características principales son; (1) captar grandes cantidades de información solo mirando, (2) realiza resúmenes y esquemas, subrayan y escriben en los márgenes de los textos, siempre tomando apuntes en la clase, (3) implementa aparatos electrónicos para tomar apuntes importantes en la clase. Además, los estudiantes cuyo estilo de aprendizaje es visual tienen mayor facilidad para recordar grandes cantidades de información y suelen responder mejor los exámenes escritos.

### **Razonamiento abductivo**

Para esta tercera prueba se realizan 8 preguntas abiertas de manera que el estudiante interactúe creando hipótesis para la resolución del problema dado. adaptado y tomado de la tesis Caracterización de las inferencias abductivas realizadas por estudiantes de cuarto grado de básica primaria, de un colegio privado del área rural de Cota – Cundinamarca, a partir del análisis del movimiento corporal en una carrera de velocidad (Cardona, 2011), con el fin de identificar el razonamiento de cada estudiante tomado de la idea de Paul Thagard, siguiendo la tabla.



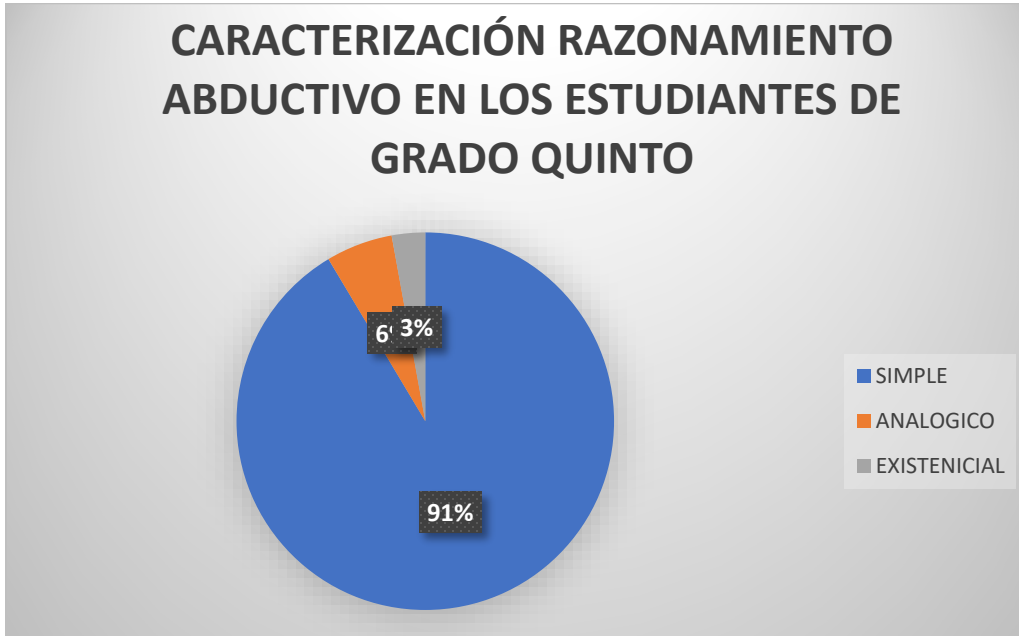
**Tabla 8: Rúbrica de evaluación del razonamiento abductivo**

RÚBRICA DE EVALUACIÓN				
Tipo de abducción	Simple	Existencial	Análoga	Formadoras de reglas
Definición	El estudiante debe formular una hipótesis que hace uso de reglas (que siguen la estructura lógica «Si ocurre A entonces posiblemente ocurre B») para explicar los hechos conocidos del problema.	El estudiante debe formular una hipótesis que postula la existencia de un elemento adicional a los hechos presentes en el caso (muchas veces no observable) que explica la situación.	El estudiante debe formular una hipótesis explicativa idéntica o similar a otra hipótesis explicativa que fue utilizada en un caso con hechos que tienen semejanza al caso que se desea desarrollar.	El estudiante debe formular una hipótesis explicativa que implica plantear una regla general a partir de una relación identificada en los hechos conocidos del caso que se desea desarrollar.
Criterio	El estudiante formula una hipótesis haciendo uso de algunos de los elementos del caso planteado para explicar los hechos que buscan dar una explicación.	El estudiante formula una hipótesis que postula la existencia de un elemento adicional, recurriendo exclusivamente a lo planteado en caso para explicar la situación.	La definición de la categoría se conservó.	La definición de la categoría se conservó.

Fuente: Adaptado de Bedoya y Caviedes (2015).



**Figura 18: Caracterización de razonamiento abductivo**



Fuente: Elaboración propia (2021).

Los resultados de la figura 18 presenta que un 91% de los estudiantes tienen un razonamiento abductivo simple, el 3% de los escolares tienen un razonamiento existencial y el 6% un razonamiento analógico.

Según la información obtenida predomina el razonamiento abductivo simple en los escolares de quinto grado. Esto indica que el estudiante formula una hipótesis que hace uso de reglas (que siguen la estructura lógica “si ocurre A entonces posiblemente ocurre B”) relacionadas con conceptos desarrollados previamente en clases para explicar los hechos conocidos de la actividad.



Para este estudio se plantea una matriz cuadrada (15x15) en la cual van consignadas los ocho tipos inteligencias múltiples, tres estilos de aprendizaje (VAK) y la caracterización del razonamiento abductivo según Paul Thagard. Con la finalidad de elaborar una red compleja y estructurar las guías de aprendizaje para dar cumplimiento con el segundo objetivo específico la de investigación. Luego, se decide hacer un análisis mediante la red para observar las relaciones en los tres cuestionarios aplicados y así dar un mayor enfoque en busca de potencializar el razonamiento abductivo de los educandos.

### **Elaboración de la red de tipos de inteligencia, aprendizaje y razonamiento abductivo.**

Una vez identificado la predominancia individual y colectiva relacionada a las inteligencias múltiples, el estilo de aprendizaje VAK y el razonamiento abductivo en los escolares se efectúa la construcción de la matriz A, la columna que contiene el tipo de inteligencia predominante en cada estudiante (Tabla 9 columna A). Las inteligencias son: naturista (N), cinemática – corporal (CC), lógica – matemática (LM), intrapersonal (INTRA), musical (M), interpersonal (INTER) y espacial – visual (EV). La columna estilos de aprendizaje (Tabla 9 columna B) menciona el estilo de aprendizaje VAK en cada estudiante. Los estilos identificados en la investigación son: auditivo (A), kinestésico (K) y visual (VI). La columna “caracterización razonamiento abductivo” (Tabla 9 columna C) especifica



el tipo de razonamiento abductivo en cada escolar. El tipo de razonamiento abductivo encontrados son: simple (S), analógico (ANL) y formadora de reglas (FR) cabe mencionar que no hay estudiante caracterizado con un razonamiento abductivo formador de reglas, pero se incluye para observar el comportamiento de la red. La columna estudiante (columna D) especifica el estudiante el número de estudiantes en los cuales se desarrolló la investigación.

**Tabla 9: Matriz de tipos de inteligencias, aprendizaje y razonamiento abductivo**

Columna D	Columna A	Columna B	Columna C
ESTUDIANTES	INTELIGENCIA	ESTILO DE APRENDIZAJE	CARACTERIZACIÓN RAZONAMIENTO ABDUCTIVO
E1	CINEMÁTICA-CORPORAL	VISUAL	SIMPLE
E2	LOGICA-MATEMATICA	VISUAL	SIMPLE
E3	INTRAPERSONAL	VISUAL	SIMPLE
E4	MUSICAL	AUDITIVO	SIMPLE
E5	INTRAPERSONAL	AUDITIVO	SIMPLE
E6	MUSICAL	AUDITIVO	SIMPLE
E7	CINEMÁTICA-CORPORAL	VISUAL	SIMPLE
E8	LOGICA-MATEMATICA	VISUAL	SIMPLE
E9	LOGICA-MATEMATICA	KINESTÉCICO	SIMPLE
E10	NATURISTA	VISUAL	SIMPLE
E11	VISUAL-ESPACIAL	KINESTÉCICO	ANALOGICO
E12	INTERPERSONAL	VISUAL	SIMPLE
E13	VERBAL	AUDITIVO	SIMPLE
E14	LOGICA-MATEMATICA	KINESTÉCICO	SIMPLE
E15	LOGICA-MATEMATICA	KINESTÉCICO	SIMPLE
E16	INTRAPERSONAL	AUDITIVO	SIMPLE
E17	LOGICA-MATEMATICA	KINESTÉCICO	SIMPLE
E18	VISUAL-ESPACIAL	VISUAL	SIMPLE
E19	NATURISTA	AUDITIVO	SIMPLE
E20	VERBAL	AUDITIVO	SIMPLE



E21	VISUAL-ESPACIAL	KINESTÉCICO	SIMPLE
E22	VISUAL-ESPACIAL	VISUAL	SIMPLE
E23	INTRAPERSONAL	VISUAL	SIMPLE
E24	INTRAPERSONAL	KINESTÉCICO	SIMPLE
E25	LOGICA-MATEMATICA	KINESTÉCICO	SIMPLE
E26	LOGICA-MATEMATICA	KINESTÉCICO	SIMPLE
E27	LOGICA-MATEMATICA	VISUAL	SIMPLE
E28	VISUAL-ESPACIAL	VISUAL	SIMPLE
E29	NATURISTA	AUDITIVO	EXISTENCIAL
E30	MUSICAL	AUDITIVO	SIMPLE
E31	LOGICA-MATEMATICA	VISUAL	SIMPLE
E32	LOGICA-MATEMATICA	KINESTÉCICO	ANALOGICO
E33	LOGICA-MATEMATICA	AUDITIVO	SIMPLE
E34	LOGICA-MATEMATICA	KINESTÉCICO	SIMPLE
E35	NATURISTA	KINESTÉCICO	SIMPLE

Fuente: Elaboración propia (2021).

De la tabla 9 se construye la matriz B (anexo 13) la cual especifica la relación existente entre las inteligencias múltiples, el estilo de aprendizaje y la caracterización del razonamiento abductivo. Cuando existe relación se escribe 1 de lo contrario 0.

De la matriz B se obtiene la matriz C y D (anexo 7 y 8) denominadas nodos y aristas respectivamente. Se le dan identidad y etiquetas para ser simulados en el programa Gephi. Los resultados se resumen en la siguiente tabla.



**Tabla 10: Resumen de resultados de matriz A**

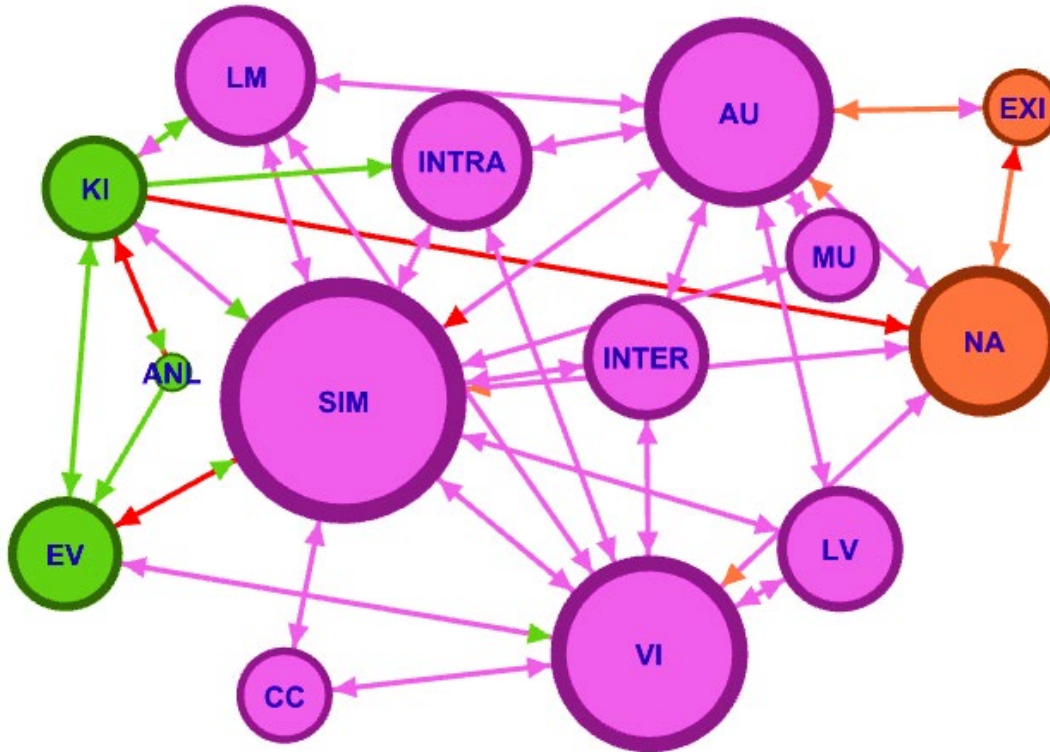
<b>Resumen de resultados matriz A.</b>	
<i>Números de nodos</i>	<i>Números de aristas</i>
15	61

Fuente: Elaboración propia (2021).

De la tabla 10 se puede inferir que la red es muy pequeña pues la cantidad de nodos es 15 y el número de aristas es 61.

Una vez se tienen digitadas las matrices de nodos y aristas (matrices C y D), se corren en el programa Gephi.

**Figura 19: Red de relación de tipo de inteligencia, aprendizaje y razonamiento abductivo**



Fuente: Elaboración propia (2021).

A esta red de relaciones se le aplicó el estadístico modularidad obteniendo comunidades o “clusters” que se puede identificar por medio de colores (Cherven, 2018) para esta red se obtienen 4 comunidades. Al demostrar comunidades se observan características de red social compleja (Aldecoa, 2012). Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se aplica el algoritmo *Forceatlas2* el cual agrupa los nodos en comunidades, se usa el filtro denominado *K – Core* del paquete de





topología, permite crear subredes donde todos los nodos tienen un determinado número de relaciones (Sánchez, 2018). Al aplicar un  $K = 3$ , se forma un grupo (subred) donde todos los nodos están vinculados a, por lo menos, otros 3 nodos dentro del grupo. Esto genera una subred de nodos que están “estrechamente relacionados dentro de la red y permite detectar áreas centrales interconectadas” (Aragón y Perdomo, 2019).

La tabla 11 ilustra características estadísticas de la red

**Tabla 11: Características estadísticas de la red**

Otras características estadísticas básicas de la red

Parámetro	Resultado
Diámetro de la red	4
Longitud media del camino	1,78

Fuente: Elaboración propia (2021).

De la tabla 11 se puede decir que cualquier nodo está típicamente a menos de 2 grados de cualquier otro nodo, dada la longitud media de camino y ningún nodo está separado por más de 4 grados (Cherven, 2018). Al tener un diámetro de red de 4, muestra características de red de mundo pequeño (Watts & Strogatz,



1998), lo que significa que la mayor distancia de separación entre dos nodos muy lejanos es de 4 y supone una fluidez en la información propagada en la red.

### **7.1.2 Guías de aprendizaje**

Se elaboraron cinco guías (ver anexo 2,3,4,5,6) para potencializar el razonamiento abductivo según Paul Thagard, usando como herramienta la geometría fractal. Cada una de estas guías fue diseñada teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje predominantes en la población, las inteligencias múltiples y el tipo de razonamiento abductivo el cual se destacaba en la población estudiantil, vinculando las temáticas de las asignaturas de ciencias naturales, matemáticas, artes y tecnología, en pro de fortalecer sus conocimientos y motivarlos a la adquisición de nuevos aprendizajes. Para las actividades se utilizaron; talleres prácticos y herramientas computacionales con el propósito de desarrollar competencias relacionadas con la geometría fractal para fortalecer el razonamiento abductivo, utilizando la pedagogía o aprendizaje por indagación, buscando en los educandos el interés por entender el mundo natural que los rodea, desarrollando su capacidad de asombro ante la realidad y generar hipótesis. Estas condiciones permiten facilitar la participación de los estudiantes en la adquisición del conocimiento y ayudan a desarrollar el pensamiento crítico, la capacidad para resolver problemas, la motivación, entre otros. A continuación, se



explica el contenido de cada guía, mencionando la metodología utilizada y al final la forma de valorar los aprendizajes mediante una rúbrica de actividad.

### **Guía 1: Introducción a la geometría fractal Bingo fractal**

En esta guía, se pretende que los educandos establezcan una percepción de fractal y algunas de sus aplicaciones en la vida cotidiana. Se da inicio con una lectura de contextualización sobre historia de la fractalidad, donde se mencionan características tales como autosimilitud y autosemejanza.

Con este taller se busca conocer y relacionar la geometría fractal, para resolver y formular problemas en busca de potenciar el razonamiento abductivo. Se espera que con esta actividad los estudiantes empiecen a conocer la relación de los fractales en varios aspectos de su cotidianidad y de esta manera puedan generar argumentos geométricos para resolver y formular problemas tanto como en el área de matemáticas, ciencias naturales y entre otras.

### **Guía 2: Kirigami Triángulo de Sierpinski**

En esta guía se pretende que los participantes reconozcan los conceptos de patrón e iteración. El estudiante realiza construcciones geométricas (triángulo de Sierpinski) por medio de la técnica del kirigami siguiendo reglas. De esta forma, los educandos manifiestan encontrar patrones al realizar las medidas y los cortes.



Por último, relacionan conceptos matemáticos tales como las fracciones y proporciones al construir el fractal.

### **Guía 3: Triángulo de Sierpinski Triángulo de Pascal.**

Con esta guía se tiene como objetivo que los educandos realicen la construcción del triángulo Sierpinski – Pascal siguiendo reglas estipuladas en la guía. Donde algunos manifiestan encontrar patrones, múltiplos, divisiones y figuras geométricas. Además, relacionan los conceptos matemáticos con los aplicados a contextos cotidianos.

### **Guía 4: Estrategia Tic Frac Toe.**

En esta guía los educandos realizan la actividad Tic Frac Toe generando estrategia y desarrollando hipótesis de los posibles movimientos del contrincante. Encuentran patrones en la ubicación de los símbolos “X” y “0”. Desarrollan analogías de la actividad con respecto al ajedrez.

### **Guía 5: Trébol fractal Implantación software Netlogo.**

En esta guía los estudiantes implementan el software Netlogo para la construcción del trébol fractal. Aplicando de manera iterativa los comandos. Los estudiantes manifiestan que la figura obtenida tiene estructura de trébol y que es un fractal debido a que identifican la autosimilitud y autosemejanza. Desarrollan



analogías con respecto a comportamientos de la naturaleza. Como son los tréboles, helechos, las flores de los girasoles, los panales de miel de abeja.

### **7.1.2.1 Resultados de las guías de aprendizaje**

Se aplicaron cinco guías, siguiendo el cronograma, durante los meses septiembre, octubre y noviembre. Haciendo uso de la red compleja de la figura 20 basándonos en los nodos con más relación entre ellos para así efectuar las guías de aprendizaje y maximizar el aprendizaje. A continuación, se presentará una descripción general de la guía tomando como base los nodos que tienen mayor correlación en pro de fortalecer el razonamiento abductivo.

En la guía uno denominada “Introducción a la geometría fractal Bingo fractal” se elaboró teniendo en cuenta las inteligencias múltiples; naturista, visual - espacial, interpersonal, lógico matemática, lingüística verbal y los estilos de aprendizaje; visual y auditivo. Adicionalmente, la actividad tiene como finalidad fortalecer la memoria de corto y largo plazo, así como la construcción de analogías en base a las características trabajadas de los fractales tales como la autosimilitud y la autosemejanza, descritas cada una en la siguiente tabla.



Categorías de descripción guía uno	
Lógico matemática	Se refleja en la creación del bingo y sus estrategias a la hora de jugarlo y relacionarlo con fractales que han observado en su contexto.
Naturista	Su habilidad para reflejar los fractales con la naturaleza, tales como los girasoles, helechos, entre otros.
Visual -espacial	Se destaca en la habilidad para ilustrar objetos del entorno.
Interpersonal	En esta actividad se apoya el trabajo en equipo y sus habilidades para socializar.
Lingüístico verbal	Se refleja en la capacidad de entender y analizar la descripción de la guía y el paso a paso que se debe seguir.
Visual	En esta actividad se destaca mucho la observación pues de ella depende la creación de las hipótesis tomando como referencia objetos encontrados en el entorno.
Auditivo	Se hace uso en la contextualización la actividad a desarrollar con audio videos introductorios.

**Figura 20: Evidencia guia uno**

1 Árbol Estructura	13 Bate 3D fractal Benoit Mandelbrot Hoja de palma	15 Raya	6 conjunto Mandel Cuerpo humano
12 Estrella	2 Waxons	3 Desierto de la totacoo Cactus	5 fondo de abejas
9 Pulmones Global	7 frontera montañas	4 Cactus	16 Cactus
8 Flor	10 Montañas	11	14

¿Cómo describes los patrones encontrados en la actividad y con que los asemeja en tu alrededor?

No describo los patrones como una repetición o copia con la misma forma y que se repite mucho el mismo dibujo y así que me acuerdo hacer el dibujo, el que son los patrones los cosas de por ahí en la actividad

¿Qué observas?

Observamos geometría en la actividad con muchas repeticiones de formas iguales y más pequeñas



Fuente: Elaboración propia (2021).



En esta imagen se observa cada una de las categorías descritas en la tabla anterior. Como los estudiantes relacionan los conceptos de la geometría fractal tales como la autosimilitud y auto semejanza. Adicionalmente se plantean dos preguntas ¿Qué observas? Y ¿Cómo describes los patrones encontrados en la actividad y con que los asemeja a tu alrededor?, que da respuesta a lo ilustrado en la tabla anterior.

En la guía dos denominada “Kirigami Triángulo de Sierpinski” se elaboró teniendo en cuenta las inteligencias múltiples; lógico matemática, cinemática - corporal visual- espacial, interpersonal, lingüística verbal y estilos de aprendizaje; visual, auditivo y kinestésico, la actividad consta de la motricidad para la creación de un fractal, teniendo en cuenta el paso a paso descrito en la guía (anexos). Con esto buscamos que el educando reconozca patrones y haga analogías de su entorno con el fin de que genere hipótesis.

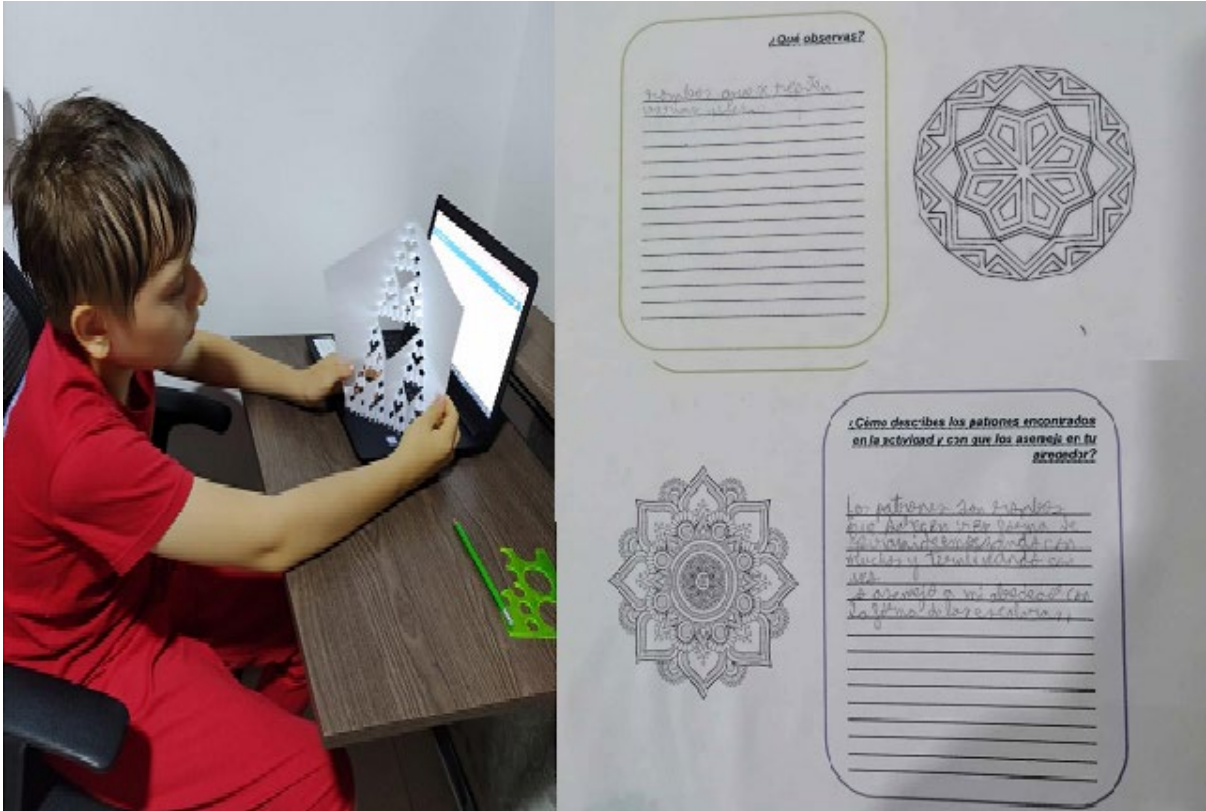
Habilidades puntuales de la guía dos	
Lógico matemática	Se refleja en la elaboración de la actividad, para calcular las particiones a la hora de recortar.
Cinética corporal	Se refleja en la creación del fractal como manualidad haciendo uso de sus habilidades motrices.





Visual – espacial	Se destaca en la habilidad para la construcción del triángulo de sierpinski, siguiendo las pautas de la guía.
Interpersonal	En esta actividad se apoya el trabajo en equipo y sus habilidades para socializar una vez finalizada la manualidad.
Lingüística – verbal	Se refleja en la capacidad de entender y analizar la descripción de la guía y el paso a paso que se debe seguir para la creación del fractal.
Visual	En esta actividad se destaca mucho la observación pues de ella depende la creación de las hipótesis tomando como referencia objetos encontrados en el entorno.
Auditivo	Se hace uso en la contextualización de la actividad a desarrollar con audio videos introductorios.
Kinestésico	Se refleja en la elaboración del fractal activando la motricidad

**Figura 21: Evidencias de la guía dos**



Fuente: Elaboración propia (2021).

En la guía tres denominada “Triángulo de Sierpinski Triángulo de Pascal” se elaboró teniendo en cuenta las inteligencias múltiples; lógico - matemática, visual - espacial, interpersonal, lingüística - verbal y estilos de aprendizaje; visual, auditivo, la actividad costa en seguir unas reglas, teniendo en cuenta el paso a paso descrito en la guía (anexos). Algunos educandos manifiestan encontrar patrones, múltiples, divisiones y figuras geométricas. Además, relacionan los conceptos matemáticos con los aplicados a contextos cotidianos. Con esto buscamos que el



educando haga analogías donde interactúe con su medio con el fin de potenciar la resolución de problemas y así mismo la creación de hipótesis.

Habilidades puntuales de la guía tres	
Lógico – Matemática	Habilidad para construir secuencias sucesivas en la actividad a desarrollar.
Visual – espacial	Es la habilidad para construir el triángulo de sierpinski, mediante la observación y reglas a seguir y su relación con su entorno.
Interpersonal	En esta actividad se apoya el trabajo en equipo y sus habilidades para socializar una vez terminada la actividad.
Lingüístico verbal	Se refleja en la capacidad de entender y analizar la descripción de la guía y el paso a paso que se debe seguir para el desarrollo de esta.
Visual	En esta actividad se destaca mucho la observación pues de ella depende la creación de las hipótesis tomando como referencia objetos encontrados en el entorno.
Auditivo	Se hace uso en la contextualización de la actividad a desarrollar con audio videos introductorios.



**Figura 22: Evidencia guía número tres**

**Triángulo de Sierpinski - Pascal.**

1. Rellena cada celda en el triángulo con la suma de los números en las celdas por encima.

2. Completa cada una de estas celdas con la suma de las celdas en cada línea diagonal.

¿Qué sucede?

*Por las primeras de suma, cuando se dividen o suman los dos números de las celdas de arriba.*

3. Colorea en cada celda que contiene un número impar.

¿Qué patrón reconoces?

*El patrón son los triángulos.*

¡Las matemáticas son increíbles!

Piensa en por qué estos patrones surgen.

*Porque es un triángulo equilátero y puede generar infinitos triángulos.*

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
MAESTRÍA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD

Fuente: Elaboración propia (2021).

En la guía cuatro denominada “Estrategia Tic Frac Toe” se elaboró teniendo en cuenta las inteligencias múltiples; lógico - matemática, visual - espacial, intrapersonal, interpersonal, lingüística - verbal y estilos de aprendizaje; visual, auditivo, la actividad costa en seguir unas reglas, teniendo en cuenta el paso a



paso descrito en la guía (anexos). En esta actividad los educandos realizan la actividad Tic Frac Toe generando estrategia y desarrollando hipótesis de los posibles movimientos del contrincante. Encuentran patrones en la ubicación de los símbolos “X” y “0”. Desarrollan analogías de la actividad con respecto al ajedrez.

Habilidades puntuales de la guía cuatro	
Lógico matemática	Se refleja en las estrategias para tratar de ganar el juego.
Visual - espacial	Se refleja en la ubicación estratégica del contrincante, para predecir su movimiento.
Intrapersonal	Trabajar de manera autónoma con el fin de ganar el juego.
Interpersonal	Sus habilidades para socializar a la medida que transcurre el juego.
Lingüístico verbal	Se refleja en la capacidad de entender y analizar la descripción de la guía y el paso a paso que se debe seguir para el desarrollo de esta.



<p>Visual</p>	<p>En esta actividad se destaca mucho la observación pues de ella dependen los movimientos futuros de cada jugador.</p>
<p>Auditivo</p>	<p>Se hace uso en la contextualización de la actividad a desarrollar con audio videos introductorios.</p>

**Figura 23: Evidencia de guía número cuatro**

**COLEGIO CLARETIANO**  
Resolución de aprobación No. 2067 del 16 de agosto del 2006  
Neiva - Huila  
Año de la fe y la trascendencia

*Claretiano*

**¿Qué observas?**

yo observo figuras geométricas que se repiten y que para poder ganar el juego hay que observar muy bien ser estratégico y analizar muy bien cada jugada que vamos hacer para poder ganarle al compañero con quien estamos jugando al gato fractal.

los patrones de la actividad se repiten al igual que los aspectos o las cosas cotidianas de nuestra vida diaria. En tiempo las calles de nuestra ciudad se repite y se entrecruza entre calles, carreras y avenidas y nosotros para poder cruzarlas debemos observar, cumplir reglas y no podemos para poder pasar las calles sin que nos accidente un carro o una moto.

Fuente: Elaboración propia (2021).



En la guía cinco denominada “Trébol fractal Implantación software Netlogo” se elaboró teniendo en cuenta las inteligencias múltiples; lógico - matemática, visual - espacial, intrapersonal, interpersonal, lingüística - verbal y estilos de aprendizaje; visual y auditivo, la actividad costa en seguir unas reglas, teniendo en cuenta el paso a paso descrito en la guía (anexos). Los estudiantes implementan el software Netlogo para la construcción del trébol fractal. Aplicando de manera iterativa los comandos, los estudiantes manifiestan que la figura obtenida tiene estructura de trébol y que es un fractal. Desarrollan analogías con respecto a comportamientos de la naturaleza. Como lo son los tréboles, helechos, las flores de los girasoles, los panales de miel de abeja. Con esto buscamos que el educando reconozca patrones y haga analogías de su entorno con el fin de que genere hipótesis.

Habilidades puntuales de la guía cinco	
Lógico matemáticas	Interpretación del código y relaciones entre la actividad y su entorno.
Visual - espacial	En esta actividad se pone a prueba la capacidad de pensar en tres dimensiones en la creación del trébol y las relaciones que genera el estudiante.



Intrapersonal	Trabajar de manera autónoma la interpretación de lo que se realizó.
Interpersonal	Sus habilidades para socializar los resultados obtenidos en un debate con sus compañeros.
Lingüístico verbal	Se refleja en la capacidad de entender y analizar la descripción de la guía y el paso a paso que se debe seguir para el desarrollo de esta.
Visual	En esta actividad se destaca mucho la observación pues de ella depende la creación de las hipótesis tomando como referencia objetos encontrados en el entorno.
Auditivo	Se hace uso en la contextualización de la actividad a desarrollar con audio videos introductorios.





**Figura 24: Evidencias de la guía cinco**



Fuente : Elaboración propia (2021).



### 7.1.2.2 Evidencias de las guías de aprendizaje

Utilizando una metodología de acompañamiento asincrónica mediada por herramientas como WhatsApp, videollamadas, llamadas y mensajes de texto. El análisis de los resultados se centra en las experiencias de los estudiantes en el proceso de implementación de las guías. Para ello, se analizan las respuestas abiertas de cada una de las dinámicas evaluativas propuestas.

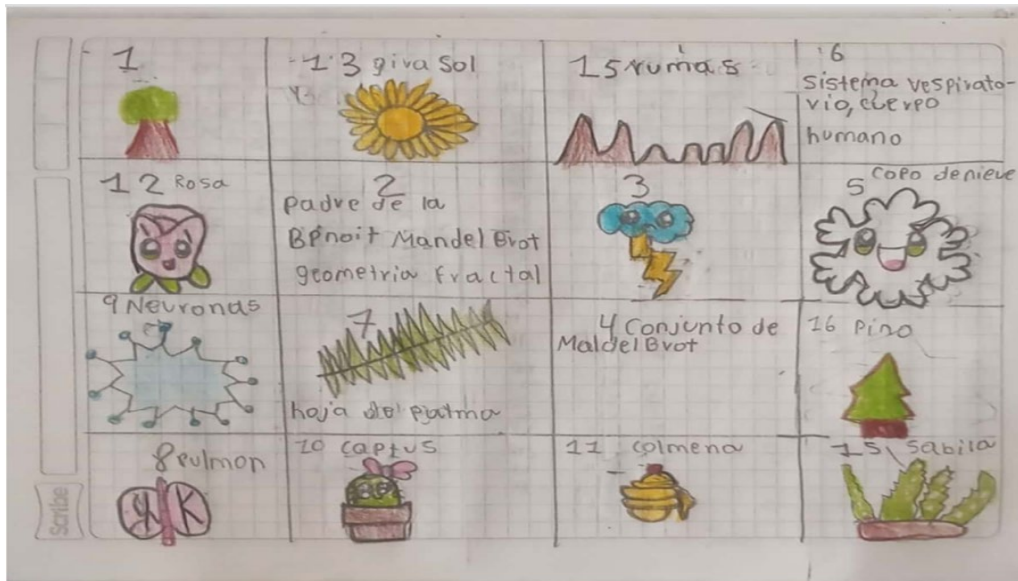
#### Guía uno

**Descripción:** El estudiante reconoce características principales de la geometría fractal tales como la autosimilitud y autosemejanza (Sabogal, 2011) y lo relacionan con su entorno tales como árboles, flores de girasol, runas del desierto de la tatacoa, cactus, etc. Adicionalmente, relaciona la geometría fractal con el sistema respiratorio y sistema neuronal.

Por otro lado, los educandos mencionan a Benoit Mandelbrot como el padre de la geometría fractal e ilustran el conjunto de Mandelbrot (ver figura 21). Con esta actividad se fortalece el razonamiento abductivo existencial y analógico según lo plantea Paul Thagard (1989).

Con esto damos un paso a lo que Maldonado (2014) considera como complejizar la educación ya que nos basamos en pedagogías emergentes a las tradicionales.

**Figura 25: Bingo fractal**



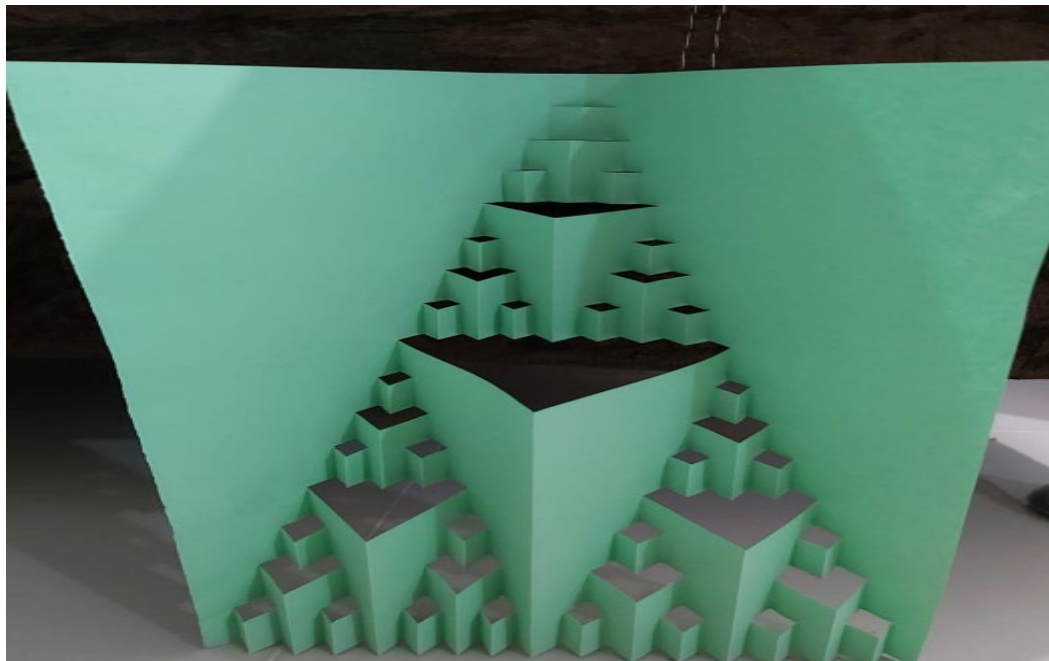
**Guía 2**

**Descripción:** El estudiante identifica razones y proporciones, por otro lado los relaciona con elementos de la naturaleza como lo es el pino, el helecho y figuras artísticas lo anterior se puede clasificar como fractales caóticos (Zamora, 2019).

con este ejercicio se pretende potenciar la abducción que es la base del proceso de interpretación a partir de la creatividad (Pierce, 1979).

Y así aportando a uno de los siete pilares mencionados por Morin (1999) “educación sin contenidos” para mejorar el ambiente en el aula de clases.

*Figura 26: Kirigami*





### Guía tres

**Descripción:** el estudiante encuentra relaciones de tipo aditivo con patrones lo que llamamos “sucesiones”, adicionalmente observan figuras autosemejante y las asocian con estructuras de civilizaciones antiguas como las pirámides en otros casos a paneles de abejas.

Con este ejercicio los educandos potencializan la resolución de problemas y el razonamiento abductivo.

Figura 27: Triángulo de Sierpinski - Pascal

### Triángulo de Sierpinski - Pascal.

1. Rellena cada celda en el triángulo con la suma de los números en las celdas por encima.

3. colorea en cada celda que contiene un número impar.

¿Qué patrón reconoces?

triángulos  
repetidos y uno  
grande en el centro

¡Las matemáticas son increíbles!

Piensa en por qué estos patrones surgen.

A medida que  
vamos sumando  
los números  
vienen siendo  
mas grandes  
son mas los  
numeros pares  
que impares

2. Completa cada una de estas celdas con la suma de las celdas en cada línea diagonal.

¿Qué sucede?

los numeros van  
creciendo

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
MAESTRÍA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD





## Guía cuatro

**Descripción:** El estudiante desarrolla estrategias para ganarle a su rival, así mismo, realiza analogías con el juego de ajedrez, analiza patrones encontrados durante el desarrollo de la actividad.

Este trabajo se aborda desde un enfoque no tradicional usando como emergencia un juego lúdico y participativo (Maldonado, 2014), con el fin de motivar la participación y desarrollar la imaginación de los estudiantes.

*Figura 28: Tic frac toe*

ACTIVIDAD NÚMERO IV 3º PERIODO TEMA(S): Estrategia. Formación de reglas y patrones. Estudiante: <i>Maria Camila Borón</i> Profesor <i>Farid Montaña Marin</i>	FECHA: <i>5/11/2021</i> Curso: <i>601</i> Calificación:
---	---

**Tic Frac Toe**

¡Juega Fractal Tic Tac Toe! Hay 9 juegos de tic tac toe, pero están conectados por una regla especial. Cuando un jugador elige un cuadrado en el tablero pequeño, envía al siguiente jugador al espacio correspondiente en el tablero más grande donde jugará a continuación. Si el destino ya ha sido ganado, entonces el jugador al que le toca elegir en qué tablero jugará a continuación. Cuando un jugador gana un tablero pequeño, marca todo el tablero con una X o una O. ¡El jugador que conecta 3 de los tableros grandes gana el juego!

○ Profesor  
✕ Estudiantes



## Guía cinco

**Descripción:** El estudiante realiza simulación por medio del software netlogo en el cual elaboran un trébol e identifican características de la geometría fractal y lo relacionan con la flora cercana a la institución.

La actividad se desarrolla como un recurso didáctico para mejorar la enseñanza - aprendizaje en el aula y motivar la participación de los educandos con el fin de complejizar ( Maldonado, 2014).

*Figura 29: Trébol fractal*







### **7.1.3 Evaluación del impacto de la estrategia didáctica interdisciplinar en términos del razonamiento abductivo por medio de la minería de datos**

Para llevar a cabo el tercer objetivo específico y así evidenciar el resultado de las guías, se realiza una última prueba (ver en anexos 10), y se hace un comparativo con la prueba inicial y de ese modo observar el impacto de las guías, haciendo uso de software Weka para el estudio.

Para realizar el análisis cualitativo de los datos recolectados en la investigación se implementó la técnica de árboles de decisión como método para aproximar funciones objetivo de valor discreto, y así establecer relaciones entre inteligencias múltiples, estilos de aprendizaje VAK y la caracterización del razonamiento abductivo. En este sentido, se implementa el software *Weka* como sistema experto en minería de datos. En este sentido, se corre la base de datos, se aplica el clasificador Use training el cual evalúa del clasificador sobre el mismo conjunto sobre el que construye el modelo predictivo para determinar el error (Jiménez, 2003), luego se corre el algoritmo *Randomtree* y se visualiza el árbol de decisión.

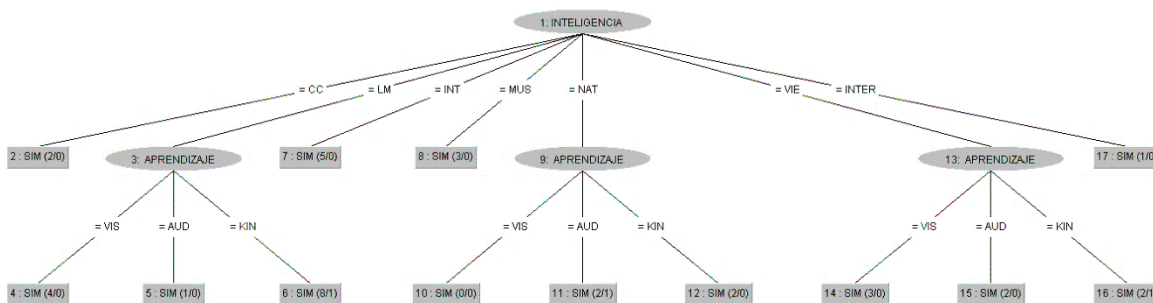
Para realizar un análisis relacionado a la potencialización de razonamiento se comparan los árboles de decisión correspondiente a las bases datos inicial y



final respectivamente. Tomamos como variable de entrada las inteligencias múltiples; cinemática – corporal (CC), lógica – matemática (LM), intrapersonal (INT), musical (MUS), naturista (NAT), visual – espacial (VIE) e interpersonal (INTER). Seguido, los estilos de aprendizaje; visual (VIS), auditivo (AUD) y kinestésico (KIM). Por último, como variable de salida la caracterización del razonamiento abductivo; simple (SIM), existencial (EXI), analógico (ANA) y formador de reglas (FDR).

El siguiente árbol de decisión figura 30 ilustra la base de datos inicial, es decir, antes de aplicar la estriega didáctica. El árbol tiene instancia correctamente clasificada de 91,428%, e instancias incorrectamente clasificadas de 8,5714%.

**Figura 30: Árbol de decisión, base de datos inicial**



Fuente: Elaboración propia (2021).

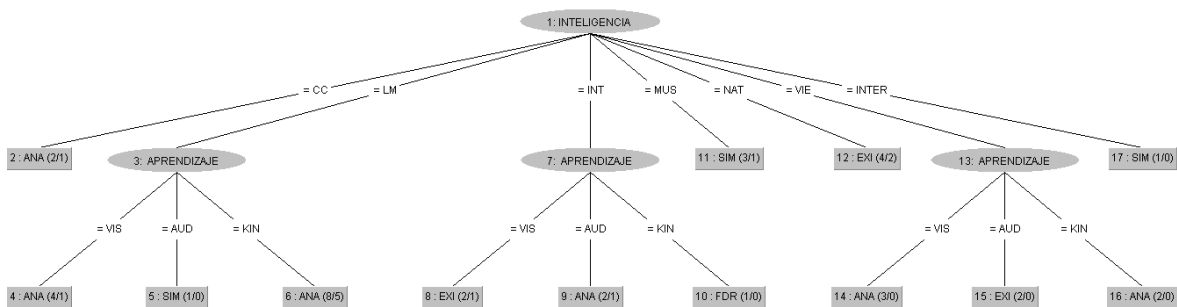
Al analizar la figura 30 se puede inferir que los estudiantes cuya inteligencia sea; cinemática – corporal, intrapersonal, musical e interpersonal el razonamiento



correspondiente es simple. Los educandos que tengan las inteligencias; lógicas – matemática, naturista y visual – espacial se les identifica el estilo de aprendizaje VAK, pero el razonamiento continúa siendo simple. Según el árbol de decisión existen tres estudiantes que no están correctamente correlacionados al razonamiento abductivo simple. Al realizar una revisión de la base de datos se puede identificar que dos tienen razonamiento analógico y uno existencial. De la base de datos, se puede mencionar que un 91% de los estudiantes tienen razonamiento abductivo, un 3% racionamiento existencial y un 6% razonamiento analógico.

El siguiente árbol de decisión figura 31 ilustra la base de datos final, es decir, después de aplicar la estriega didáctica. El árbol tiene instancia correctamente clasificadas de 65,713%, e instancias incorrectamente clasificadas de 34,287%.

**Figura 31: Árbol de decisión, base de datos final**



Fuente: Elaboración propia (2021).



Al analizar la figura 31 se puede concluir que los estudiantes cuyas inteligencias sean cinemática – corporal; su razonamiento es analógico y existe un estudiante correctamente relacionado, musical; el razonamiento es simple y hay dos estudiantes correctamente correlacionado, naturista; el razonamiento es existencial hay dos estudiantes correctamente correlacionados y por último, si el estudiante tiene una inteligencia interpersonal hay un estudiante correctamente correlacionado y su razonamiento es simple.

Por otro lado, si los estudiantes tienen inteligencia lógica – matemática, intrapersonal y visual – espacial se relacionarán con los estilos de aprendizaje VAK y la caracterización del razonamiento abductivo. A continuación, se especifica cada una de las relaciones según el árbol de decisión.

Los estudiantes que presentan inteligencia lógica – matemática tiene como estilo aprendizaje visual; hay tres estudiantes correctamente relacionados y el razonamiento es analógico. Aprendizaje auditivo; se pueden encontrar un estudiante correctamente relacionado y el razonamiento es simple. Si el aprendizaje es kinestésico se pueden encontrar tres estudiantes correctamente correlacionados y el razonamiento es analógico.



Los estudiantes que presentan inteligencia intrapersonal tienen como estilo aprendizaje visual; hay un estudiante correctamente relacionado y el razonamiento es existencial. Aprendizaje auditivo; se pueden encontrar un estudiante correctamente relacionados y el razonamiento es analógico. Si el aprendizaje es kinestésico se pueden encontrar un estudiante correctamente correlacionado y el razonamiento es formador de reglas.

Los estudiantes que presentan inteligencia visual espacial tienen como estilo aprendizaje visual; hay tres estudiantes correctamente relacionado y el razonamiento es analógico. Aprendizaje auditivo; se pueden encontrar dos estudiantes correctamente relacionado y el razonamiento es existencial. Si el aprendizaje es kinestésico se pueden encontrar dos estudiantes correctamente correlacionados y el razonamiento es analógico.

De la base de datos final, se puede mencionar que un 31% de los estudiantes tienen razonamiento abductivo simple, un 29% racionamiento existencia y un 37% razonamiento analógico y un 3% un razonamiento formador de reglas. Luego de analizar los resultados obtenidos se puede inferir que hubo una potencialización del razonamiento abductivo.



## 7.2 Discusión de Resultados

Teniendo en cuenta lo expuesto por Cardona (2017) el uso de la geometría fractal como estrategia didáctica fortalece el pensamiento geométrico en los estudiantes. Así mismo, Zamora (2019) expresa su aplicabilidad en el entorno educativo aprovechando sus bondades interdisciplinarias. En el caso del presente estudio donde la geometría fractal se implementa como estrategia didáctica interdisciplinaria para fortalecer el razonamiento abductivo, en pro de mejorar y potenciar el aprendizaje, mediante la implementación de guías didácticas, también cumple la finalidad al evaluar el impacto de las guías mediante la minería de datos donde el 70% de los estudiantes pasaron de tener un razonamiento abductivo simple a por los menos existencial, analógico o formador de reglas. (véase en el comparativo de la figura 29 y 30). Con esto podemos inferir que la geometría fractal como estrategia didáctica se debe implementar con el objetivo de fortalecer cualquier tipo de pensamiento y a su vez generar cambios en el ambiente educativo.

Para Maldonado (2019, p.49) una educación compleja no es una educación con contenidos basados en las ciencias de la complejidad, tan solo trata de cambiar estilos, escalas, modos y herramientas al mismo tiempo. En este sentido, el pensamiento abductivo hace parte del cambio de estilos en la educación puesto



que fortalece los procesos de creatividad e innovación en los educandos y evita acudir a soluciones y desarrollos mecánicos, automatizados o descontextualizados.

La complejidad precisa en superar la pereza mental y las actitudes mecánicas y repetitivas. Tal como afirma Domingo (2008) de algún modo, la solución para gestionar la complejidad será renunciar al mecanicismo mental y realizar una reflexión en plena práctica – la denominada práctica reflexiva – que nos ayude a resolver con acierto las situaciones concretas (p. 167). De manera similar, el uso de estrategias interdisciplinarias, holísticas y no lineales, contribuyen a que los estudiantes se ejerciten intelectualmente en procesar cognitivamente conocimientos diversos interrelacionados, teóricos y prácticos. Tal como lo describe (Ortiz, 2012, p. 3). No obstante, en la educación colombiana, se siguen utilizando estrategias descontextualizadas y lineales. Para Fusi (2020) el educador debe innovar en la enseñanza – aprendizaje, de tal manera que los contenidos curriculares sean actualizados, un ejemplo es la incorporación de la geometría fractal en el contexto educativo pues el estudiante puede indagar, construir y argumentar resultados en las diferentes disciplinas. En este orden de ideas Maldonado (2014) sugiere complejizar la educación, significa formar y educar seres libres. Naturalmente felices, pero ante todo libres, sin ataduras. En este sentido, un elemento capital de las ciencias de la complejidad consiste en los



trabajos en torno a procesamiento no-algorítmico de la información. En consecuencia, de lo anterior la geometría fractal y el razonamiento abductivo puede considerarse como un hilo conductor para impartir nuevos aprendizajes en diferentes ciencias (interdisciplinar) y como un ejemplo claro es que el currículo escolar debería involucrar cada vez más las ciencias de la complejidad para alcanzar una construcción del conocimiento.

Referente al cumplimiento de los objetivos propuestos se considera, que se logró diseñar una estrategia didáctica interdisciplinaria que vincula la geometría fractal, el contexto de la población y la simulación computacional en pro del fortalecimiento del razonamiento abductivo de los educandos. A través de las diferentes etapas ejecutadas a lo largo del presente trabajo investigativo es posible observar la consolidación de los fines planteados y establecer algunas conclusiones del trabajo desarrollado.

En primera instancia, considerando los diferentes textos citados, se halló que las propuestas educativas que relacionan la geometría fractal se han intensificado en los últimos años. Sin embargo, existen varias falencias desde el marco complejo ya que sus metodológicas regularmente tratan de integrar la geometría fractal sólo desde la enseñanza de la geometría dejando fuera muchas características propias de la fractalidad. Desconociendo que está estrechamente relacionada con distintos campos de las matemáticas como el álgebra y diferentes





disciplinas como las ciencias naturales, las artes, la tecnología y la neuropedagogía. En este contexto, es más beneficioso abordar la geometría fractal desde un enfoque curricular interdisciplinario, para que los educandos puedan comprender de una mejor manera y aprovechar sus múltiples utilidades.

Como segunda instancia, al establecerse los estilos de aprendizaje VAK, inteligencias múltiples y el tipo de razonamiento abductivo individual de los estudiantes, se logró la formulación de estrategias pedagógicas y metodológicas para favorecer el desarrollo de habilidades de pensamiento de análisis y resolución de problemas. Algunas relaciones son más fuertes que otras, así lo demuestra el análisis realizado por medio de redes complejas haciendo uso del software *Gephi* aplicadas a las pruebas desarrolladas.

En tercera instancia, la estrategia didáctica, articulada mediante una metodología interdisciplinaria centrada en la geometría fractal, la cual se desarrolló como subproducto del presente estudio, representa un espacio para potencializar el razonamiento abductivo de los niños con base en la vinculación de las áreas de Ciencias Naturales, Matemáticas y Artística lo que facilita un cambio en el ejercicio docente llevado a cabo en el Colegio Claretiano de Neiva – Huila, favoreciendo el desempeño académico y motivacional de los estudiantes a partir de las utilidades que proporciona la interdisciplinaridad y la aproximación a un currículo no lineal. La instrumentación de los fractales, utilizando actividades reflexivas y de análisis



permite al docente desarrollar una labor eficiente, creativa y dinámica. Además, nuevas experiencias significativas en los procesos de enseñanza- aprendizaje.

Finalmente, la geometría fractal es un instrumento de carácter interdisciplinario que fortalece el ejercicio enseñanza - aprendizaje en el aula de clases y el ejercicio docente tal como lo plantean Fusi (2020), Martin (2019), Cardona (2017), Zamora (2019), Gabriel y Rojas (2019), Vargas y Sánchez (2018), Sánchez, Bedoya y Pascuas (2020). De este modo la investigación desarrollada ilustra que la geometría fractal fortalece el razonamiento abductivo y es un instrumento de innovación en la enseñanza – aprendizaje. Lo anterior, demuestra que la investigación es innovadora pues no se encuentra material bibliográfico donde se relacione la geometría fractal y el razonamiento abductivo.



## 8. CONCLUSIONES

El uso de las ciencias de la complejidad como estrategias didácticas fortalece los procesos de creatividad e innovación en los educandos y evita acudir a soluciones y desarrollos mecánicos, automatizados o descontextualizados. En este sentido, las ciencias de la complejidad aportan significativamente al cambio de la educación tradicional, fortalece las inteligencias múltiples, estilos aprendizaje y es un mecanismo para potencializar el razonamiento abductivo en los escolares de quinto grado del Colegio Claretiano de Neiva.

El software *Gephi* versión 0.9.2 con sus respectivas herramientas estadísticas y filtros, permiten visualizar redes complejas y redes de mundo pequeño que para finalidad de la investigación facilita la estructuración de estrategias didácticas modo complejo.

Se logró establecer que la mayoría de la población de estudio de la investigación determinaron correctamente los fractales de las formas dadas y de su entorno, lo cual se evidencia en los resultados obtenidos por medio del análisis del software *Weka* donde el 71% de los estudiantes en la última prueba demuestran



La propuesta de simulación computacional la creación de trébol utilizando el software de netlogo, puede facilitar en los estudiantes la validación de algunas inferencias abductivas obtenidas en las situaciones propuestas mediante la observación y la reflexión durante el desarrollo de la guía didáctica. Donde es fundamental el reconocimiento de patrones y reglas de crecimiento del trébol, que a través de este programa son de fácil aplicación y una llamativa presentación de los resultados.

Dentro de las limitaciones que se pueden presentar en la aplicación una propuesta computacional enfocada en geometría de fractales, está el dominio del software que debe tener el docente para poder llevar a cabo un proceso de enseñanza propicio. Pues debe ser éste quien realice el primer acercamiento de los estudiantes al programa. Además, se deben contar con computadores o tabletas como insumo obligatorio para poder trabajar con el programa, hecho que imposibilitó que algunos educandos pusieran en práctica de la propuesta, pues su implementación coincidió con la coyuntura presentada por la pandemia del COVID-19, privándolos de acceder a estos dispositivos.

Con relación a la aplicación de las guías y la participación durante las mismas, es posible concluir algo importante que es elaborar actividades cortas y sintéticas; puesto que, si una actividad se presenta de forma dinámica y precisa, los estudiantes aumentan su grado de motivación hacia el aprendizaje. En



contraste, se cansan y se sienten desmotivados cuando una actividad es demasiado extensa.

Del mismo modo, a los participantes, conviene que las actividades estén enfocadas a su cotidianidad. Pues permite realizar actividades que faciliten la construcción de hipótesis, así como la transferencia de los nuevos conceptos a otras áreas del conocimiento.



## 9. RECOMENDACIONES.

- Realizando el análisis y discusión de resultados de la investigación se sugiere implementar la geometría fractal con estudiantes de grados superiores pues podría potencializar las inteligencias múltiples, los estilos de aprendizaje y el razonamiento abductivo tomando en consideración estrategias didácticas interdisciplinarias apropiadas al nivel académicos en los que se encuentran los educandos. En este orden de ideas, se debería ampliar la población a la cual se aplique el estudio pues permitiría visualizar mejor el impacto favorable de la investigación.
- Los docentes y futuros egresados de la Maestría en Estudios Interdisciplinarios de la Complejidad deben generar cambios favorables en las comunidades educativas que busquen superar *“los programas, secuencias y currículos, siempre eminentemente secuenciales y lineales y que no permiten ni admiten sorpresas, es decir, aprendizaje”* (Maldonado, 2014, p. 17) . Por lo que proyectos como el presentado en esta investigación son un paso adelante al cambio que se debe generar en las aulas y que responda a la complejidad en sí del proceso educativo.
- Se sugiere para futuras investigaciones que al momento de elaborar las guías didácticas se implemente más la contextualización con el exterior que



los rodea para una mayor absorción del conocimiento y una mayor obtención de resultados, ya que en nuestra fase no se logró tal cometido debido a la pandemia (COVID 19) y la virtualidad.



## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Aldecoa, R. (2012). Detección de comunidades en redes complejas. *Tesis*, 53.
- Álvarez, A. A.-M. (2005). Fractales; Matemáticas en la vida cotidiana. *Curso*.
- Anguera, M. T., Camerino, O., Castañer, M., & Sánchez-Algarra, P. (2014). Mixed methods en la investigación de la actividad física y el deporte. *Revista de Psicología Del Deporte*, 23(1), 123–130.
- Aragón, C., & Perdomo, O. (2019). Contexto y complejidad: orientaciones para el diseño de un currículo “modo complejo”, con la complejidad como enfoque metodológico. *Tesis*.
- Ares González Hueso. (2011). *Cisolog*. Página Web.  
<https://cisolog.com/sociologia/los-7-saberes-para-la-educacion-del-futuro-edgar-morin/>
- Argote, J. (2004). *Tipos de fractales*. Página Web.  
[http://www.asociacionceat.org/aw/2/tipos\\_de\\_fractales.htm](http://www.asociacionceat.org/aw/2/tipos_de_fractales.htm)
- Bedoya, C., & Caviedes, A. (2015). Caracterización del razonamiento abductivo en estudiantes practicantes de psicología clínica. un acercamiento a la comprensión de la forma como los psicólogos clínicos razonan sobre las vivencias de sus consultantes. *Tesis*, 3, 2015.  
<http://weekly.cnbnews.com/news/article.html?no=124000>
- Bravo Mancero, P., & Varguillas, C. S. (2015). Estrategias didácticas para la enseñanza de la asignatura Técnicas de Estudio en la Universidad Nacional de Chimborazo. *Sophía*, 1(19), 271.  
<https://doi.org/10.17163/soph.n19.2015.13>
- Bur, R. (2003). Psicología Del Razonamiento. *Artículo*, 1–55.
- Caosyfractales.blogspot.com. (2009). *Caos y Fractales*. Página Web.  
<http://caosyfractales.blogspot.com/2009/08/el-copo-de-nieve-de-koch.html>
- Capuano, V. C. (2011). Ciencias naturales TIC. *Artículo*, 79–88.
- Cardona, L. (2011). Caracterización de las inferencias abductivas realizadas por





estudiantes de cuarto grado de básica primaria, de un colegio privado del área rural de cota- Cundinamarca, a partir del análisis del movimiento corporal en una carrera de velocidad. In *Tesis* (Vol. 64).

Cardona, L. A. (2017). Elementos de la geometría fractal como estrategia didáctica para el desarrollo del pensamiento geométrico en estudiantes de la media básica del C.E bachillerato en el bienestar rural sede ciato en el municipio de pueblo rico mediante elementos de la natur. *Tesis*, 80.

Carlos Lameda, E. T. C. (2018). *Dialnet*. Página Web.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6641666>

Cherven, K. (2018). *Network Graph Analysis and Visualization with Gephi*. Libro Web. [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=-bP4AAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=Cherven,+K.+\(2013\).+Network+Graph+Analysis+and+Visualization+with+Gephi+\(1st+ed.\).+Packt+Publishing.&ots=tHxnIO03KY&sig=8tYeFmkbZSVWWMRqr769fXEgUI#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=-bP4AAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=Cherven,+K.+(2013).+Network+Graph+Analysis+and+Visualization+with+Gephi+(1st+ed.).+Packt+Publishing.&ots=tHxnIO03KY&sig=8tYeFmkbZSVWWMRqr769fXEgUI#v=onepage&q&f=false)

Claretianoneiva. (2021). *Historia del Colegio Claretiano*. Página Web.  
<https://claretianoneiva.edu.co/historia/>

De Jesús, M., Andrade, R., Martínez, D., & Méndez, R. (2007). Re-pensando la Educación desde la Complejidad. *POLIS, Revista Latinoamericana*, 6(16), 1–13.

Domingo, Á. (2008). La Práctica Reflexiva en la formación inicial de maestros/as. Evaluación de un modelo. *Tesis*, 562.

Eco, H., & Sebeok, T. (1989). *El signo de los tres*. Libro.  
<https://dokumen.tips/documents/eco-umberto-y-sebeok-thomas-a-comp-el-signo-de-los-tres-dupin-holmes.html>

Eco, U., & Sebeok, T. (1983). The Sign of three. In *Advances in semiotics*.

Evirtualplus. (2020). *Evirtualplus*. Página Web. <https://www.evirtualplus.com/estilo-de-aprendizaje-vak/>

Flores, R. (2014). La construcción del currículum de las instituciones de educación superior desde el pensamiento complejo Curriculum Construction in Institutions of Higher Learning based on Complex Thinking. *Artículo*, 67–87.

Fusi, F. (2020). ¿ Por qué enseñar la noción de fractal en el último año de la



escuela secundaria ? Opiniones de especialistas en Geometría Why teach the notion of fractal in the last year of secondary school ? Opinions of specialists in Geometry. *Revista*, 31–50.

German, S. (2021). *Fractales*. Pagina Web.

[https://webs.um.es/jmz/DiseGrafSimula/alumnos\\_08\\_09/german\\_ros/index.files/fractal1\\_Intro 1.html](https://webs.um.es/jmz/DiseGrafSimula/alumnos_08_09/german_ros/index.files/fractal1_Intro 1.html)

González Velasco, J. M. (2016). Reflexiones iniciales sobre la concepción del diseño y desarrollo curricular en un mundo contemporáneo y complejo. *Con-Ciencia*, 4(May), 19–31.

Hernández Sampieri, pilar B. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 148).

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las tres rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In *Mc Graw Hill* (Vol. 1, Issue Mexico).

Infoamérica. (2021). *Infoamérica*. Página Web.

<https://www.infoamerica.org/teoria/prigogine1.htm>

Jiménez, M. G. (2003). Análisis de Datos en WEKA – Pruebas de Selectividad. *Artículo*, 1–9.

Juan, T. (2003). *Los pilares de la educación del futuro*. Pagina Web.

<https://www.uoc.edu/dt/20367/index.html>

Kuhn, L. (2008). Complexity theory and educational research. In *Educational Philosophy & Theory* (Vol. 40, Issue 1).

Maldonado, C. (2005). Ciencias de la Complejidad: Ciencias de los Cambios Súbitos. *Odeon*, 48.

Maldonado, C. (2019). *Educación e investigación en complejidad* (Issue November).

Maldonado, C. (2020). Perspectiva desde la complejidad y la ciencia sociales. *Libro*.

Maldonado, C. E. (2012). *Derivas de complejidad. Fundamentos científicos y filosóficos*. Página Web. <https://editorial.urosario.edu.co/gpd-derivadas-de-complejidad-fundamentos-cientificos-y-filosoficos.html>



- Maldonado, C. E. (2014). ¿Qué es eso de pedagogía y educación en complejidad? *Propuesta Educativa*, 47.
- Maldonado, C. E. (2017). Educación compleja: Indisciplinar la sociedad. *Educación y Humanismo*, 19(33), 234–252. <https://doi.org/10.17081/eduhum.19.33.2642>
- Maldonado, C., & Gómez, N. (2010). El mundo de las ciencias de la complejidad: un estado del arte. *Documento de Investigación*, 76, 1–95.
- Mandelbrot, B. (1997). La geometría fractal de la naturaleza. In *Libro*. ePubLibre.
- Martín, N. (2019). Enseñanza de fractales a partir de preguntas : descripción de una experiencia en un curso de matemática del último año de la escuela secundaria Teaching fractals from questions : description of an experience in a mathematics course in the last year of hig. *Revista*, 25–34.
- Martínez Moncaleano, C. J. (2018). Teoría del Caos y Estrategia Empresarial. *Tendencias*, 19(1), 204. <https://doi.org/10.22267/rtend.181901.94>
- Matemoción. (2017). *Triangulando: Pascal versus Sierpinski*. Página Web. [https://culturacientifica.com/2017/07/19/triangulando-pascal-versus-sierpinski/#/media/File:Sierpinski\\_triangle\\_evolution.svg](https://culturacientifica.com/2017/07/19/triangulando-pascal-versus-sierpinski/#/media/File:Sierpinski_triangle_evolution.svg)
- Mineducacion. (2020). *Ministerio de Educación Nacional (Colombia)*. Página Web. <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-79413.html>
- Miranda, H. (2018). Que es netlogo. *Documento de Investigación*.
- Morin, E. (1999). La educación, la ciencia y la cultura. Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. *Unesco*, 72.
- Neumann Coto, M. (2007). Euler y la geometría de la posición. *Miscelánea Matemática*, 45, 87–96.
- Newman, M. E. J., Barabási, A.-L., & Watts, D. J. (2013). The structure and dynamics of networks. In *Princeton University Press* (pp. 93–123).
- Olea, Ó. (2002). *Scielo*. Página Web. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-12762002000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-12762002000100007)
- Ortiz, E. (2012). La interdisciplinadierdad en las investigaciones educativas.



*Artículo, 1–12.*

Psicoactiva. (2020a). *Test de estilos de aprendizaje*. Página Web.  
<https://www.psicoactiva.com/test/educacion-y-aprendizaje/test-de-estilos-de-aprendizaje/>

Psicoactiva. (2020b). *Test de las inteligencias múltiples*. Página Web.  
<https://www.psicoactiva.com/test/educacion-y-aprendizaje/test-de-las-inteligencias-multiples/>

Quora. (2021). *¿Qué es una red libre de escala?* Página Web.

RAE. (2020). *Real Academia Española*. Página Web. <https://dle.rae.es/currículo>

Reynoso, C. (2011). Redes sociales y complejidad: Modelos interdisciplinarios en la gestión sostenible de la sociedad y la cultura. In *Universidad de Buenos Aires* (Issue September).

Rojas, N., & Montealegre, M. (2018). Introducción a las redes complejas: El modelo del mundo pequeño. *Entornos*, 31(2), 60–64.  
<https://doi.org/10.25054/01247905.2268>

Sabogal Sonia, A. G. (2011). Una introducción a la geometría fractal. *Libro*, 1, 340.

Sanchez, J., Bedoya, E., & Sanchez, M. (2020). La geometría fractal de las plantas como estrategia didáctica interdisciplinar para el fortalecimiento de los aprendizajes significativos. In *Tesis*.

Sánchez, L. (2005). Los tres pilares de la educación y el papel del maestro en el taller de habilidades de pensamiento crítico y creativo. *Procesos Psicológicos y Sociales*, 1(1), 1–9.

Sánchez, S. (2018). *Gephi Tutorial 4 - Filtros*. Video Web.  
<https://www.youtube.com/watch?v=NctZluqrcvw&t=41s>

Santaella, L. (2011). *La evolución de los tres tipos de argumento: abducción, inducción y deducción*. Universidad Católica de Sao Paulo, Brasil.  
<https://www.unav.es/gep/AN/Santaella.html>

Science. (1999). *Science*. Pagina Web.  
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.286.5439.509>



Sebeok, T., & Sebeok, J. (1979). Sherlock Holmes y Charles S. Peirce. El método de la investigación. *Página Web*, 50.

[www.unav.es/gep/SherlockHolmesCharles Peirce.pdf](http://www.unav.es/gep/SherlockHolmesCharles%20Peirce.pdf)

Sixto, H., & Gabriel, V. (2019). Fractalidad, caos y el lenguaje netlogo como agentes integradores del currículo de las matemáticas escolares. *Tesis*, 181.

Soto, A. (2020). *Razon publica para saber enserio lo que pasa en colombia*. *Página Web*.

Taylorfrancis. (2006). *Complexity and Education*. *Página Web*.

<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203764015/complexity-and-education-brent-davis-dennis-sumara>

Thagard, P. (1989). Computational Philosophy of Science. In *Computers in Physics* (Vol. 3, Issue 6). <https://doi.org/10.1063/1.4822883>

Thinking Heads. (2018). *Thinking Heads*. *Página Web*.

<https://www.thinkingheads.com/latam/conferencistas/albert-laszlo-barabasi/>

University of Calgary. (2021). *University of Calgary*. *Página Web*.

[https://werkklund.ucalgary.ca/educ\\_info/profiles/163-130756](https://werkklund.ucalgary.ca/educ_info/profiles/163-130756)

Univesidad del Rosario. (2021). *Univesidad del Rosario*. *Página Web*.

[https://www.urosario.edu.co/facultad-de-estudios-internacionales/Profesores/Ficha-profesores/?nombre=Maldonado Castañeda Carlos Eduardo](https://www.urosario.edu.co/facultad-de-estudios-internacionales/Profesores/Ficha-profesores/?nombre=Maldonado%20Casta%C3%B1eda%20Carlos%20Eduardo)

Unpocodejava. (2021). *unpocodejava*. *Página Web*.

<https://unpocodejava.com/2014/09/11/que-es-gephi/>

Uwe Wirth. (2021). *El razonamiento abductivo en la interpretación según peirce y davidson*. *Página Web*. <https://www.unav.es/gep/AN/Wirth.html>

Vargas, H., & Sanchez, A. (2018). Didáctica en la enseñanza de la “fractalidad” en educación básica desde un modelo interdisciplinar macta. *Tesis*, 183.

Waikato. (2021). *Weka*. *Página Web*. [cs.waikato.ac.nz/ml/weka/](http://cs.waikato.ac.nz/ml/weka/)

Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of small\_world networks. *Nature*, 393(June), 440–442.



UNIVERSIDAD  
**SURCOLOMBIANA**

NIT: 891180084-2



Zamora, S. (2019). Estado del arte del aprendizaje de geometría fractal en educación básica en Colombia. Una exploración desde el constructivismo configuracional. *Tesis*, 130.





## 11. ANEXOS

### Anexo 1: Consentimiento informado del colegio



NEIVA, AGOSTO 27 DE 2021

Señor  
Padre Reinel Garzón González, CMF  
Rector  
Colegio Claretiano de Neiva.

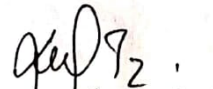
*Recibido  
25-Ago-2021.  
12:30 pm  
Reinel G*


Cordial saludo,

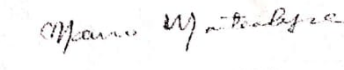
El presente documento tiene como propósito solicitar la autorización para desarrollar el trabajo de investigación denominado "FORTALECIMIENTO DEL RAZONAMIENTO ABDUCTIVO EN LOS ESTUDIANTES DEL GRADO QUINTO DEL COLEGIO CLARETIANO DE NEIVA – HUILA POR MEDIO DE LA GEOMETRÍA FRACTAL COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA INTERDISCIPLINAR" bajo la tutoría de los maestrantes en estudios interdisciplinarios de la complejidad, profesores Farid Montaña Marín identificación CC: 10181408953 de La Plata (H) y Sergio Eduardo Tovar Arteaga identificado CC: 1075281885 de Neiva (H).

El objetivo general del trabajo a desarrollar es fortalecer el razonamiento abductivo en los estudiantes de quinto grado de escolaridad a través de la geometría de Benoit Mandelbrot como estrategia didáctica interdisciplinaria apoyándose en la simulación computacional y construcciones iterativas. La participación de los escolares será por medio de desarrollo de test, guías de aprendizaje y actividades didácticas solucionadas en las sesiones académicas enmarcadas desde un enfoque aplicativo. Los estudiantes suministrarán información relacionada con los propósitos del proyecto, la cual será registrada en diferentes formatos. En este sentido, los datos obtenidos serán de confidencialidad y sólo se implementará con fines académicos, como parte del proceso de análisis de información y que permite cumplir con los objetivos planteados de la pesquisa.


Atentamente,

  
Farid Montaña Marín  
Lic. Matemáticas


  
Sergio Eduardo Tovar A.  
Matemático

  
Mauro Montealegre C.  
Coordinador de la Maestría

## Anexo 2: Guía de aprendizaje número uno.




**COLEGIO CLARETIANO**  
Resolución de aprobación No. 2067 del 18 de agosto del 2.006  
Neiva - Huila  
*Año de la fe y la trascendencia*



<b>ACTIVIDAD NÚMERO 1</b> <b>3º PERIODO</b>	<b>FECHA:</b>
<b>TEMA(S):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✍ Introducción a la geometría fractal.</li> <li>✍ Bingo fractal.</li> </ul>	<b>Curso:</b>  <b>Calificación:</b>
<b>Estudiante:</b> <b>Profesor Farid Montaña Marín</b>	

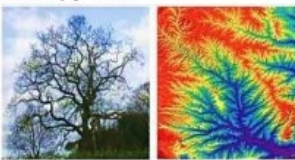

**¿Qué es un fractal?**

Un fractal es un patrón sin fin que se repite en diferentes escalas. Esta propiedad se llama *auto similitud*. Aunque los fractales son muy complejos, se hacen repitiendo un proceso simple (iterando).





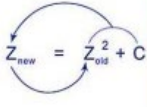

**¿Dónde encontramos fractales?**

✍ **Fractales en la naturaleza**  
 Los fractales naturales incluyen patrones de ramificación como árboles, redes de ríos, relámpagos vasos sanguíneos, etc., y patrones en espiral como, huracanes y galaxias.

**Fractales en las matemáticas**  
 Los fractales en las matemáticas, como el conjunto de Mandelbrot se forman calculando una ecuación simple miles de veces, retroalimentando la respuesta en el comienzo. Estos fractales son infinitamente complejos, lo que significa que podemos acercarnos para siempre.

**Bingo Fractal**  
 Los fractales están a nuestro alrededor en la naturaleza, como árboles y flores, y también en cosas creadas por el hombre como grietas en las aceras, patrones en edificios y letreros, etc.


**Objetivos**

- ✍ Para observar patrones fractales en naturaleza y en entornos artificiales.
- ✍ Identificar y describir formas.
- ✍ Generar y analizar patrones.
- ✍ Crear arte fractal


**Materiales**

- ✍ Hojas de trabajo de bingo.
- ✍ Portapapeles.
- ✍ Bolígrafo, lápiz o marcador
- ✍ Premios (opcional).

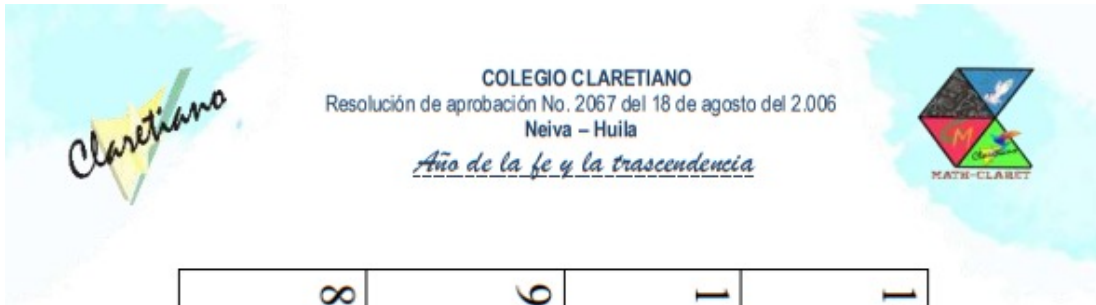
**Instrucciones**  
 A los estudiantes se les asigna un número del 1 al 20 de acuerdo con el número en la parte inferior derecha de la hoja que se les da. Cuando se le pide, cada estudiante identifica un patrón fractal que ven y todos dibujan ese patrón en el cuadrado con el número asociado. Continúe hasta que alguien llegue al bingo o los primeros tres estudiantes en llegar al bingo o incluso hasta que todos los estudiantes hayan tenido su turno. ¡Los premios son opcionales y divertidos! También es posible premiar al alumno con los mejores dibujos, fractal más innovador, etc.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
MAESTRÍA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD







COLEGIO CLARETIANO
Resolución de aprobación No. 2067 del 18 de agosto del 2.006
Neiva - Huila
Año de la fe y la trascendencia

Table with 4 columns and 4 rows containing numbers 1-16 in a grid pattern.





Claretiano

COLEGIO CLARETIANO  
Resolución de aprobación No. 2067 del 18 de agosto del 2006

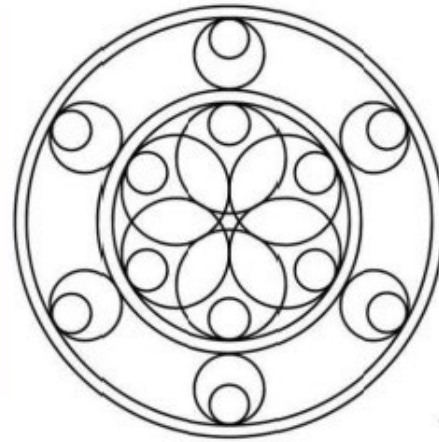
Neiva - Huila

*Año de la fe y la trascendencia*



**¿Qué observas?**

Handwriting practice lines for the first question.



**¿Cómo describes los patrones encontrados en la actividad y con que los asemeja en tu alrededor?**

Handwriting practice lines for the second question.



### Anexo 3: Guía de aprendizaje número dos.

**COLEGIO CLARETIANO**  
Resolución de aprobación No. 2067 del 18 de agosto del 2.006  
Neiva – Huila  
*Año de la fe y la trascendencia*

<b>ACTIVIDAD NÚMERO II</b>	<b>FECHA:</b>
<b>3º PERIODO</b>	
<b>TEMA(S):</b>	<b>Curso:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Kirigami</li> <li>✦ Triangulo de Sierpinski</li> </ul>	<b>Calificación:</b>
<b>Estudiante:</b>	
<b>Profesor Farid Montaña Marín</b>	

**Tarjeta de recorte fractal.**

✦ Recorta un fractal tridimensional y conviértelo en una tarjeta emergente

Los estudiantes hacen una tarjeta de recorte fractal tridimensional repitiendo un proceso simple de cortar y doblar. Pueden convertir su recorte en una tarjeta de felicitación emergente fractal, decorarlo artísticamente y compartir las lecciones de los fractales con otros. Aunque está formado por un proceso muy diferente, el fractal resultante tiene mucho en común con el triángulo de Sierpinski.

**Materiales:**

- ✦ Papel blanco de 8.5 \* x 11 \* Cartulina de 8.5 \* x 11 \* en colores contrastantes
- ✦ Tijeras, Barra de pegamento.
- ✦ Regla en centímetros.
- ✦ Hoja de trabajo para tarjetas recortadas.

**Pasos de elaboración.**

1. Tome una hoja de papel y dóblela por la mitad, para que parezca un libro.

2. Corta el borde doblado a lo largo de la línea punteada de arriba. El corte debe comenzar a la mitad del doblez hacia arriba y hacia abajo e ir a la mitad hacia la derecha a lo largo del papel doblado. Ahora doble sobre la mitad y doble, como se muestra.

3. El siguiente paso es un poco complicado pero crítico. Abra la solapa doblada y dóblela dentro de sí misma. Debería terminar con su papel con este aspecto.

4. Ahora ha completado el paso básico para crear el recorte fractal, y todo lo que tiene que hacer ahora es seguir repitiendo este proceso una y otra vez.

5. Una vez que hayas hecho estos cortes, dobla y pliega las solapas. ¿Cómo sabes cuáles doblar? Quieres terminar con algo que parezca una escalera.

6. Una vez que haya doblado las solapas, debe recordar abrir las solapas y doblarlas dentro de sí mismas.

7. Así debería verse tu papel ahora. Repite el mismo corte, plegado e inversión, pero esta vez necesitas hacer cuatro cortes. Después de doblar y voltear las solapas dentro de sí mismas, terminarás con esto:

8. Si lo desea, puede repetir este proceso una vez más, haciendo ocho cortes. Después de cortar, doblar e invertir, se termina con la etapa final. Después de este punto, hay demasiadas capas para cortar fácilmente.

¡Disfruta de tu tarjeta emergente de recorte fractal!

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
MAESTRÍA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD





Claretiano

COLEGIO CLARETIANO

Resolución de aprobación No. 2067 del 18 de agosto del 2006

Neiva - Huila

*Año de la fe y la trascendencia*



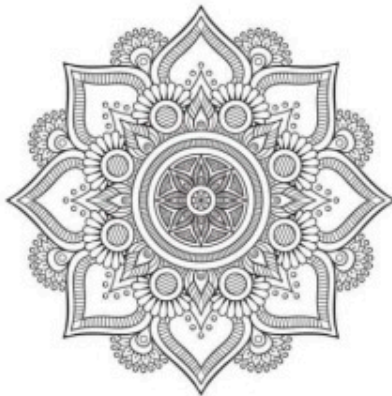
¿Qué observas?

Handwriting practice lines for the first question.



¿Cómo describes los patrones encontrados en la actividad y con que los asemeja en tu alrededor?

Handwriting practice lines for the second question.



**Anexo 4: Guía de aprendizaje número tres.**

**COLEGIO CLARETIANO**  
Resolución de aprobación No. 2067 del 18 de agosto del 2.006  
Neiva – Huila  
*Año de la fe y la trascendencia*

<b>ACTIVIDAD NÚMERO II</b> <b>3° PERIODO</b>	<b>FECHA:</b>
<b>TEMA(S):</b> <i>Triángulo de Sierpinski.</i> <i>Triángulo de Pascal.</i>	<b>Curso:</b>
<b>Estudiante:</b> <i>Profesor Farid Montaña Marín</i>	<b>Calificación:</b>

**Triángulo de Sierpinski - Pascal.**

1. Rellena cada celda en el triángulo con la suma de los números en las celdas por encima.

2. Completa cada una de estas celdas con la suma de las celdas en cada línea diagonal.  
¿Qué sucede?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. colorea en cada celda que contiene un número impar.  
¿Qué patrón reconoces?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*¡Las matemáticas son increíbles!*

Piensa en por qué estos patrones surgen.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
MAESTRÍA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD



*Claretiano*

COLEGIO CLARETIANO  
Resolución de aprobación No. 2067 del 18 de agosto del 2.006  
Neiva – Huila

*Año de la fe y la trascendencia*



**¿Qué observas?**

Handwriting practice lines for the first question.



**¿Cómo describes los patrones encontrados en la actividad y con que los asemeja en tu alrededor?**


Handwriting practice lines for the second question.








## Anexo 5: Guía de aprendizaje número cuatro.



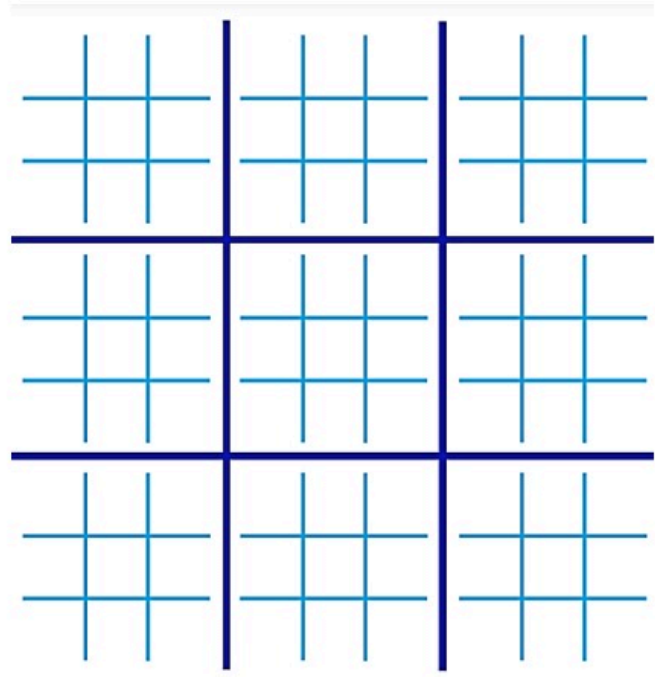
**COLEGIO CLARETIANO**  
Resolución de aprobación No. 2067 del 18 de agosto del 2.006  
Neiva – Huila  
*Año de la fe y la trascendencia*

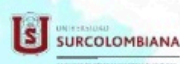


<b>ACTIVIDAD NÚMERO IV</b>	<b>FECHA:</b>
<b>3º PERIODO</b>	
<b>TEMA(S):</b>	<b>Curso:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li> Estrategia.</li> <li> Formación de reglas y patrones.</li> </ul>	<b>Calificación:</b>
<b>Estudiante:</b>	
<b>Profesor Farid Montaña Marín</b>	


**Tic Frac Toe**

*¡Juega Fractal Tic Tac Toe! Hay 9 juegos de tic tac toe, pero están conectados por una regla especial. Cuando un jugador elige un cuadrado en el tablero pequeño, envía al siguiente jugador al espacio correspondiente en el tablero más grande donde jugará a continuación. Si el destino ya ha sido ganado, entonces el jugador al que le toca elegir en qué tablero jugará a continuación. Cuando un jugador gana un tablero pequeño, marca todo el tablero con una X o una O. ¡El jugador que conecta 3 de los tableros grandes gana el juego!*





UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
MAESTRÍA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD









**Anexo 6: Guía de aprendizaje número cinco.**

**COLEGIO CLARETIANO**  
Resolución de aprobación No. 2067 del 18 de agosto del 2.006  
Neiva – Huila  
*Año de la fe y la trascendencia*

<b>ACTIVIDAD NÚMERO IV</b>	<b>FECHA:</b>
<b>3º PERIODO</b>	
<b>TEMA(S):</b>	<b>Curso:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✍ Fractales</li> <li>✍ Implantación software</li> <li>✍ Netlogo</li> </ul>	<b>Calificación:</b>
<b>Estudiante:</b>	
<b>Profesor Farid Montaña Marín</b>	

1. Crear una malla estilo estrella de mar que cumpla con el concepto fractal y su término inherente de iteración.

**Análisis**

Primero se llama a **setup** para crear una agente tortuga y posicionarla en el mundo. Al invocar el procedimiento **mailla**, se usa el bucle **ifelse** lo que bifurca la ejecución del programa según el nivel ingresado. Si el nivel es igual a uno (1) se hacen seis aspas (segmentos) dejando entre ellos 60° de orientación desde el punto central tal cual radios de una circunferencia. Si el nivel es 141 diferente a uno (1) los comandos a ejecutar serán los determinados por **else** en donde se hace de nuevo el segmento inicial, luego la agente tortuga se ubica en el extremo de cada aspa y genera otra estrella cuyas aspas son la tercera parte de la original. Se hace un giro de 45° para que sea mejor visto al momento de dibujar. Cada vez que se introduce un nuevo nivel, hará los anteriores y generará una reciente distribución de aspas con la tercera parte en longitud respecto al nivel inmediatamente anterior. Recuerde que todos los ítems como el número de segmentos, la longitud de ellos, los ángulos de orientación y la subdivisión en niveles superiores de la longitud de cada segmento los puede cambiar de manera autónoma para observar nuevos diseños. Como ejemplo se utilizará el programa **mailla** con una longitud inicial de 8 unidades para las aspas.

```

to malla [longitud nivel]
ifelse (nivel = 1)[
  repeat 5 [
    pd
    fd longitud
    pu
    bk longitud
    rt 72]]
[
  malla (longitud)(1)
  repeat 5[
    fd longitud
    rt 45
    malla (longitud / 3)(nivel - 1)
    lt 45
    bk longitud
    rt 72]]
]
end

to setup
ca
crt 1
ask turtles [ set pen-size 4 set color gre
end
    
```

**CÓDIGO NETLOGO**

Nivel 1	
Nivel 2	
Nivel 3	
Nivel 4	
Nivel 5	

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
MAESTRÍA EN ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS DE LA COMPLEJIDAD





**Anexo 7: Matriz D (Aristas ).**

SOURCE	TARGET
1	9
1	10
1	12
1	13
2	9
2	12
3	9
3	10
3	11
3	12
4	9
4	11
4	12
5	12
5	10
6	9
6	10
6	12
7	9
7	10
7	12
8	9
8	10
8	12
9	1
9	2
9	3
9	7
9	4
9	6
9	8



9	12
10	1
10	3
10	7
10	5
10	6
10	8
10	12
10	13
11	1
11	3
11	7
11	4
11	12
11	15
12	1
12	2
12	3
12	7
12	5
12	4
12	6
12	8
12	9
12	10
12	11
13	1
13	10
15	4
15	11



## Anexo 8: matriz C (Nodos).

Id	Label
1	NA
2	CC
3	LM
4	EV
5	MU
6	LV
7	INTRA
8	INTER
9	VI
10	AU
11	KI
12	SIM
13	EXI
14	FR
15	ANL



### Anexo 9: Prueba inicial para caracterizar el razonamiento abductivo.



COLEGIO CLARETIANO  
Resolución de aprobación No. 2067 del 18 de agosto del 2.006  
Neiva – Huila  
*Año de la fe y la trascendencia*



<b>CUESTIONARIO I RAZONAMIENTO ABDUCTIVO</b>	<b>FECHA:</b>
<b>TEMA(S):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>⚡ Abducción simple.</li> <li>⚡ Abducción existencial</li> <li>⚡ La abducción formadora de reglas</li> <li>⚡ La abducción analógica</li> </ul>	<b>Curso:</b>
<b>Estudiante:</b> <i>Profesor Farid Montaña Marin</i>	<b>Calificación:</b>

#### LA ABDUCCIÓN FORMADORA DE REGLAS

4. Todos los hombres son mortales, Sócrates es hombre.

---

---

---

---

---

---

---

---

#### ABDUCCIÓN SIMPLE

1. Juan ha dejado de asistir por más de 6 meses a clases. Probablemente.

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Esta mañana encontré a mi gato desmayado detrás de la lavadora. Probablemente.

---

---

---

---

---

---

---

---

#### ABDUCCIÓN EXISTENCIAL

3. En la carrera de velocidad el corazón palpita demasiado, Juan le palpita mucho el corazón cuando corre.

---

---

---

---

---

---

---

---

5. El braceo técnico equilibra el movimiento realizado por las piernas y pies mientras se corre, Juan hace un braceo técnico cuando corre:

---

---

---

---

---

---

---

---

#### LA ABDUCCIÓN ANALÓGICA

6. El salto largo requiere una carrera de impulso. Ana hace una carrera de impulso para saltar.

---

---

---

---

---

---

---

---

7. Para aprobar el año escolar se deben pasar todas las materias, Elías no aprobó todas las materias.

---

---

---

---

---

---

---

---









**Anexo 11: Criterio de evaluación segundo test de razonamiento abductivo.**

Razonamiento	Justificación
Simple	<p>El robo lo realizó el marinero porque la bandera japones no tiene orden dado tiene un punto rojo y lo demás es blanco.</p>
Existencial	<p>La bandera es de origen japones lo cual implica que el barco pirata es nipón. Adicionalmente, El cocinero robó el anillo porque él menciona que está preparando la cena lo cual es una contradicción dado el capitán Mandelbrot dejó el anillo de espiral fractal sobre su escritorio al ver el alba antes de búsqueda del tesoro perdido en las islas de filipinas.</p>







<p>Analógica</p>	<p>El pirata Sierpinski tomó el anillo del capitán Mandelbrot puesto que los tripulantes estaban en un barco pirata nipón y el modo de navegación es por el impulso del viento lo que contradice a Sierpinski pues él menciona que el barco es eléctrico.</p>
<p>Formadora de reglas</p>	<p>El capitán Mandelbrot nunca se quitó el anillo pues solo fue a revisar el barco y asegurarse que todo estuviera en orden lo cual indica que el anillo no se perdiera. El capitán realiza el recorrido antes de partir en búsqueda del tesoro escondido en las islas oceánicas. En conclusión, el cocinero y el pirata Sierpinski no tomaron el anillo.</p>





## Anexo 12: Rubrica de actividad

RUBRICA DE ACTIVIDADES			
Guías Didácticas	Participación	Interpretación de los Participantes	Interpretación Del Docente
<p>Guía 1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Introducción a la geometría fractal</li> <li> Bingo fractal</li> </ul>	<p>Todos los estudiantes participan activamente en la actividad propuesta en la primera sesión. Los académicos desarrollan el compromiso de manera colectiva desarrollando nuevas ideas y conocimientos mediante la construcción interpersonales, naturalistas y visual</p>	<p>Los escolares plasman mediante dibujos las características generales la geometría fractal. Adicionalmente hacen analogías con seres vivos e inertes encontrados en su entorno cotidiano. A manera de ejemplo los estudiantes forman relaciones directas en relación de la geometría fractal como los helechos, girasol, los rayos de tormentas y entornos turísticos del departamento.</p>	<p>Se evidencia comprensión del problema lo que incluye un alto porcentaje de los elementos y objetivos requeridos en la actividad. Adicionalmente, los estudiantes identifican de manera sencilla características de la geometría fractal tales como autosimilitud y autosemejanza. Hacen analogías relacionadas con el entorno que los rodea. De igual manera, se potencializan las inteligencias múltiples específicamente la lógica – matemática, naturalista intrapersonal y lingüística – verbal. Fortalecen el estilo de aprendizaje visual y tienden a un</p>







				tipo de razonamiento abductivo analógico.
Guía 2	<p>✎ Kirigami</p> <p>✎ Triángulo de Sierpinski</p>	<p>Todos los estudiantes participan activamente en la actividad propuesta en la segunda sesión. Los académicos solucionan el compromiso de manera colectiva desarrollando nuevas ideas y conocimientos mediante un aprendizaje colaborativo.</p>	<p>El estudiante realiza construcciones geométricas (triángulo de Sierpinski) por medio de la técnica del kirigami siguiendo reglas. De igual forma, algunos educandos manifiestan encontrar patrones al realizar las medidas y los cortes. Por último, relacionan conceptos matemáticos tales como fracciones y proporciones al construir el fractal.</p>	<p>Se evidencia comprensión del problema lo incluye un alto porcentaje de los elementos y objetivo requeridos en la actividad. Igual forma, los estudiantes identifican autosimilitud y autosemejanza. Forman nuevas reglas para el desarrollo de la actividad al igual que ejecutan analogías contextualizadas. Fortalecen las inteligencias lógicas – matemática, visual espacial, corporal – cinestésica. Potencializan los estilos de aprendizaje visual, kinestésico y auditivo. Tienden a un tipo de razonamiento abductivo analógico y formadores de reglas.</p>



<p>Guía 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Triángulo de Sierpinski.</li> <li> Triángulo de Pascal.</li> </ul>	<p>Todos los estudiantes participan activamente en la actividad propuesta en la tercera sesión. Los académicos solucionan el compromiso de manera individual.</p>	<p>Los educandos realizan la construcción del triángulo Sierpinski – Pascal siguiendo reglas estipuladas en la guía. Algunos manifiestan encontrar patrones, múltiples divisiones y figuras geométricas. Además, relacionan los conceptos matemáticos con los aplicados a contextos cotidianos.</p>	<p>Se evidencia comprensión del problema lo incluye un alto porcentaje de los elementos y objetivo requeridos en la actividad. Adicionalmente, los estudiantes identifican de manera sencilla características de la geometría fractal tales como autosimilitud y autosemejanza. Hacen analogías relacionadas con el entorno que los rodea. De igual manera, se potencializan las inteligencias múltiples específicamente la lógica – matemática, naturalista intrapersonal y lingüística – verbal. Fortalecen el estilo de aprendizaje visual y tienden a un tipo de razonamiento abductivo analógico.</p>



<p>Guía 4</p>	<p> Estrategia.  Tic Frac Toe</p>	<p>Por motivos de eventos institucionales solamente se pudo aplicar la actividad al 80% de los estudiantes. Los participantes desarrollan el compromiso de manera colectiva.</p>	<p>Los educandos realizan la actividad Tic Frac Toe generando estrategia y desarrollando hipótesis de los posibles movimientos del contrincante. Encuentran patrones en la ubicación de los símbolos “X” y “0”. desarrollan analogías de la actividad con respecto al ajedrez.</p>	<p>Se evidencia comprensión del problema lo incluye un alto porcentaje de los elementos y objetivo requeridos en la actividad. Los educandos analogías con relación de otros juegos. De igual manera, potencializan las inteligencias múltiples específicamente la lógica – matemática, las relaciones intrapersonales. Fortalecen el estilo de aprendizaje visual y auditivo tienden a un tipo de razonamiento abductivo formadores de reglas.</p>
<p>Guía 5</p>	<p> Trébol fractal.  Implantación software Netlogo.</p>	<p>Todos los estudiantes participan activamente en la actividad propuesta en la quinta sesión. Los académicos desarrollan el compromiso de</p>	<p>Los estudiantes implementan el software Netlogo para la construcción del trébol fractal. Aplicando de manera iterativa los comandos, los</p>	<p>Se evidencia comprensión del problema lo incluye un alto porcentaje de los elementos y objetivo requeridos en la actividad. Adicionalmente, los estudiantes identifican de manera sencilla características de la</p>



		<p>manera individual desarrollando nuevas ideas con relación a la programación (aplicando conceptos básicos) en el software Netlogo.</p>	<p>estudiantes manifiestan que la figura obtenida tiene estructura de trébol y que es un fractal. Desarrollan analogías con respecto a comportamientos de la naturaleza como lo son los tréboles, helechos, las flores de los girasoles, los paneles de miel de abeja.</p>	<p>geometría fractal tales como autosimilitud y autosemejanza. Hacen analogías relacionadas con el entorno que los rodea. De igual manera, se potencializan las inteligencias múltiples específicamente la lógica – matemática, naturista, lingüística – verbal e interpersonal. Fortalecen el estilo de aprendizaje visual y potencializa la abducción formadora de reglas.</p>
--	--	--	--	--



## Anexo 13: Matriz B.

	NATURISTA	CINEMATICA-CORPORAL	LOGICA-MATEMATICA	INTRAPERSONAL	MUSICAL	VISUAL-ESPACIAL	LINGUISTICA-VERBAL	INTERPERSONAL	VISUAL AUDITIVO	KINESTECICO	SIMPLE	EXISTENCIAL	REGLAS	ANALOGICA
NATURISTA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
CINEMATICA-CORPORAL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
LOGICA-MATEMATICA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
INTRAPERSONAL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
MUSICAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
VISUAL-ESPACIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
LINGUISTICA-VERBAL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
INTERPERSONAL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
VISUAL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
AUDITIVO	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
KINESTECICO	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
SIMPLE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
EXISTENCIAL	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
REGLAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANALOGICA	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0