

# Análisis de dos mallas curriculares de ingeniería física en Colombia desde la perspectiva de la complejidad, el caos y los fractales<sup>1</sup>

MICHAEL ANDRÉS GONZÁLEZ HENAO<sup>2</sup>

## Resumen

El presente trabajo deviene de la investigación realizada durante los años 2014 y 2015<sup>3</sup>, en el proceso de la especialización en pedagogía y desarrollo humano de la universidad católica de Pereira, donde se avanza a partir de las teorías de la complejidad, el caos y los fractales, un análisis de la malla curricular de ingeniería física de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) y la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), interés que surgió de la necesidad de dar cuenta del comportamiento dinámico que el programa tiene en su contexto, ergo, se aplican teorías utilizadas para analizar la dinámica de un mundo que se comporta como un sistema no-lineal y que permanece en una lucha constante contra la entropía, donde los sistemas cumplen funciones específicas y alimentan gradualmente los fenómenos que fomentan la vida y las interacciones para crear estructuras tan complejas como el hombre mismo.

Partiendo de estas ideas se han encontrado diferencias y similitudes en ambos planes de estudio que identifican la meta que cada una tiene sobre la física, por ejemplo, la UNAL se encarga de fortalecer la física en el estudiante y que sea este, por medio de la elección de ciertas asignaturas, establecer un direccionamiento de la misma, y en la UTP se fortalece no solo la teoría sino también la aplicabilidad al mundo industrial.

El estudio se enfoca principalmente en el análisis de este programa en la UTP puesto que es la única universidad pública del departamento de Risaralda y con ayuda de entrevistas se han encontrado puntos en común que unen a los estudiantes sobre las asertividades o dificultades que presenta la carrera.

**Palabras claves:** Ingeniería física, complejidad, caos, fractales, malla curricular, determinismo, realidad, globalización

1 Recibido: 30 de julio de 2015. Aceptado: 15 de noviembre de 2015.

2 Michael Andrés González Henao. Estudiante de maestría en pedagogía y Desarrollo Humano; Especialista en Pedagogía y Desarrollo Humano de la Universidad Católica de Pereira. Ingeniero Físico de la Universidad Tecnológica de Pereira. Docente de la Universidad tecnológica de Pereira. Correo electrónico: micandgonzalez@utp.edu.co

3 Este artículo es producto del trabajo de investigación: "Análisis de dos mallas curriculares de ingeniería física en Colombia desde la perspectiva del caos y fractales", realizado para optar al título de especialista en Pedagogía y Desarrollo Humano, de la Universidad Católica de Pereira, Cohorte XXVII. Director Trabajo de Grado: Oscar Armando Jaramillo García.



## Abstract

### *Analysis of two curricula of Engineering Physics in Colombia from the perspective of complexity, chaos and fractals*

This work comes from research carried out during 2014 and 2015, within the certification in Education and Human Development at the Catholic University of Pereira, where progress is made based on the theories of complexity, chaos and fractals: the curricula of Physical Engineering at the Technological University of Pereira (UTP) and the National University of Colombia (UNAL) are analyzed, as interest arose from the need to account for the dynamic behavior of these programs within their context, i.e., the application of theories used to analyze the dynamics of a world that behaves as a non-linear system and remains in a constant struggle against entropy, where systems have specific functions and gradually feed the phenomena that promote life and interactions are applied to create such complex structures as man himself.

On the basis of these ideas, we found differences and similarities as we compared these curricula with regards to the goal each has, and find that the UNAL curriculum challenges the Physics major student to choose and focus on certain subjects, whereas UTP concentrates on theory, as well as industrial applicability.

The study focuses on the analysis of the UTP program since it is the only public university in the department of Risaralda. Interviews led to identify common strands that students identify as career strengths and difficulties.

**Key words:** Engineering physics, complexity, chaos, fractals, curriculum, determinism, reality, globalization.

## Introducción

Para analizar el mundo del cual el ser humano hace parte, se hace indispensable entender que está rodeado de procesos cuyos estados se complejizan y cambian con el tiempo.

Los sistemas reales son sistemas complejos, donde el todo y sus partes poseen su propia complejidad adquirida por las interacciones (fuertes o débiles) entre cada uno de los medios, generando cambios importantes en el estado final del todo. Este tipo de sistemas al ser no lineales presentan dificultades a la hora de realizar una predicción, pues existe una gran influencia en el actuar de uno de

sus elementos en el resto de sus partes constitutivas creando nuevos datos o informaciones de difícil percepción para el investigador.

Los sistemas lineales y perfectos no son comunes, son solo usados como punto de partida para resultados más grandes y también para linealizar y dar aproximados a los procesos más complejos (Por ejemplo, en la solución de ecuaciones no lineales). Poder predecir estados o valores futuros de un sistema no-regular (proceso estocástico) es de gran utilidad en un mundo en constante movimiento, por ejemplo, poder predecir el clima ayudaría a actuar lo más rápido posible para evitar calamidades, o inclu-



sive poder predecir el comportamiento de la economía (cambio en el precio de la moneda) podría ayudar a una nación a evitar pérdida deliberada de dinero e inclusive ayudaría a identificar donde se podrá invertir para satisfacer las necesidades de la sociedad.

La educación, como sistema, es compleja y se caracteriza por ser un punto fuerte en la apuesta transformadora de un país en el ámbito de competencia<sup>4</sup>.

El sistema educativo, es un sistema complejo y multivariado cuyo comportamiento está en constante cambio gracias a variables tanto internas como externas, es decir, es un sistema abierto en constante interacción con su medio (Reigeluth, 2004). Es por ello que siempre está sufriendo cambios, cada alumno, docente, directivos, políticas, modelos económicos, la globalización entre otras variables hacen que la educación sufra transformaciones sustanciales e importantes, además, cada una de estas variables que interaccionan con el sistema educativo tienen su propia dinámica caótica, es este dinamismo el que permite los grandes cambios en una estructura social y si se quiere natural (ejemplo de los incendios en las sabana Africana).

Parece ser que todo sucede por una razón, el azar no es más que una consecuencia de lo desconocido o de lo que desconocemos, de esta manera la variable más incomprendida y compleja es el ser humano, siendo el ser humano el resultado de la evolución biológica y cultural partiendo de una derivación de la comunicación y convivencia con el otro y con su entorno convirtiéndonos en seres sociales, culturales, pensantes e históricos (Serna, 2014). Desde esta perspectiva, somos un sistema complejo y caótico dentro de un gran sistema lla-

mado universo (desde una mirada científica, el universo es entendido como un sistema aislado) o si se quiere cosmos. Esta propiedad, la de ser complejo, nos permite crear diferentes realidades para convivir y adecuarnos al todo.

El ser humano al ser un sistema complejo relacionante caótico, se hace difícil moldearlo según normas o leyes, o siquiera entender los motivos que lo mueven al ejecutar cierta actividad, y es aquí donde la cultura, la sociedad, las tradiciones tienen un gran impacto mediante la creación de sistemas costumbristas que alteran realidades mediante el control. Inducen en cada nuevo integrante una realidad forjada con anterioridad aludiendo al hecho de que el contexto demarca al ser en su totalidad, adquieren unas costumbres de las cuales no tienen idea del por qué se ejecutan, solo lo hacen ya que los demás lo indujeron a este hecho (como en la paradoja de los monos y las bananas).

De esta forma, la sociedad, la cultura y las tradiciones ejercen influencia en la regulación y transformación de sus integrantes, fortalecen valores, ideas, conocimientos, entre otras variables que afectan y demarcan la realidad de una persona, y la educación es otro aspecto importante en la generación de la subjetividad. De esta manera tenemos, la formación familiar, social y educativa (solo por nombrar algunos sistemas socializadores<sup>5</sup>), siendo la educativa el punto de partida de esta investigación, los colegios o institutos ayudan al estu-

4 Con el término de competencias nos referimos a las dimensiones de conocimiento, habilidades, valores, técnicas, avances tecnológicos, educativos, productivos y laborales.

5 Para Berger y Luckmann (1973), el conocimiento y la realidad son propias de cada contexto social, de cada cultura y de cada persona. De esta forma, estos sistemas o agentes socializadores no son únicos, ya que tenemos implicaciones familiares, los amigos, la sociedad, la escuela que imparten los conocimientos tradicionalmente aceptados. Se tiene dentro de estos sistemas socializadores a la educación, formal cuando se es impartida en las escuelas, institutos, universidades, etc., e informal cuando sucede fuera de los ambientes escolarizados (Calvo, 2013, p. 89)



diante a adquirir competencias básicas en diferentes áreas del conocimiento, dando un espectro amplio de posibilidades de elección de saberes específicos; la labor de la universidad se centra en focalizar los intereses particulares en una disciplina, o rama del saber, induciendo en el estudiante la capacidad individual de resolver problemas relacionados con su contexto social aplicando el conocimiento adquirido en su etapa de formación como persona integral, funcional y competente.

Al ser la universidad un sistema gestor de profesionales, capaces de generar un desarrollo tecnológico y social, se hace necesario en la educación universitaria, estudiar las capacidades que sus egresados poseen a la hora de llevar a la práctica su conocimiento teórico. Esto implica una revisión del currículo educativo de los programas que estos organismos ofrecen.

Esta investigación estudia los programas de la ingeniería física en dos universidades colombianas, la universidad tecnológica de Pereira (UTP)<sup>6</sup> y la universidad nacional de Colombia (UNAL). La evaluación, o comparación y justificación se va a centrar en la malla curricular que ambas universidades ofrecen a toda la comunidad, análisis que se realiza con la ayuda de las nuevas teorías emergentes (nuevo paradigma) de la complejidad, el caos y los fractales. Es importante puntualizar que la revisión se va a hacer desde una perspectiva cualitativa-comprensiva, por lo que se incluye las voces de algunos actores pertenecientes a ingeniería física de la UTP.

El propósito central de esta investigación radica en establecer diferencias sig-

nificativas entre los currículos a comparar y detectar cual malla curricular trabaja a favor de lo complejo; demostrar la importancia de trabajar desde lo individual y colectivo para una formación profesional del sujeto, mostrar que es posible establecer una autonomía ofreciendo la posibilidad, en este aspecto, al estudiante de ingeniería física de la UTP, de elegir asignaturas que sean amenas a su campo de acción elegido, desde la necesidad de un currículo flexible, para crecer como profesional y proyectar una posible línea de especialización, profesionalización y ejecución,

Por tanto, la pregunta en cuestión sobre la cual el documento gira para dar respuesta es:

¿De qué forma la teoría del caos y los fractales detecta diferencias significativas en la malla curricular de ingeniería física de dos universidades colombianas?

### Objetivo general

Partiendo de lo planteado, se tiene como objetivo general dar cuenta de las similitudes y diferencias, equilibrios y desequilibrios significativos en la malla curricular de ingeniería física de dos universidades colombianas.

## Constructo Teórico

### Física e ingeniería

¿Qué hace un ingeniero físico? Para responder a este interrogante, que en apariencia es simple, es necesario hacer cuestionamientos específicos sobre la misma, problematizar esta pregunta para hallar respuestas que se acerquen, en la medida en que sea posible a la realidad establecida por las acciones y las palabras. De esta manera, cabe preguntarnos ¿Qué es ingeniería? Y, ¿qué es la ingeniería física?

Rastrear con exactitud los inicios de la ingeniería es complejo, pues para cada época, la definición cambia, se anexan nuevas concepciones a las definiciones

6 En Colombia existen cuatro universidades que ofrecen la ingeniería física, la universidad del cauca (UNICAUCA), siendo la primera en ofrecer este programa al público, la universidad nacional (UNAL), la universidad tecnológica de Pereira (UTP) y la EAFIT



más ambiguas, de esta forma ampliando y especializando su campo de acción basado en la modernidad que se está viviendo. Los más osados dirán que la ingeniería nació en el momento que materializamos ideas basadas en las necesidades más inmediatas haciendo uso de la “conciencia”, de las experiencias (que al ser sistematizadas se transformaron en conocimiento desde y para la práctica) por ejemplo las herramientas de caza. Estas herramientas al principio se pudieron haber usado de forma ocasional, como lo hacen algunos primates modernos, pero que, por cuestiones evolutivas, se convirtieron en objetos esenciales para sobrevivir en un mundo donde los seres humanos eran inferiores físicamente al resto de los grandes depredadores. Es por esto que el primer punto fuerte para entender lo que es y hace la ingeniería es la necesidad.

Para Gabriel Poveda (1993, P. 13):

*“Ingeniería es el conjunto de conocimientos teóricos, de conocimientos empíricos y de prácticas que se aplican profesionalmente para disponer de las fuerzas y de los recursos naturales, y de los objetos, los materiales y los sistemas hechos por el hombre para diseñar, construir, operar equipos instalaciones, bienes y servicios con fines económicos, dentro de un contexto social dado, y exigiendo un nivel de capacitación científica y técnica ad hoc –particularmente en física, ciencias naturales y economía-, especial y notoriamente superior al del común de los ciudadanos”*

En esta definición se visualizan aspectos importantes como el contexto, especificando que la ingeniería se debe realizar pensando en solucionar problemas de índole local (y que posiblemente la solución de estos problemas locales se pueda convertir en soluciones globales para su uso en otros contextos sociales)

eso sí, sin pensar en el impacto social que sus descubrimientos puedan tener, esto es tal vez lo que falta anexar a esta definición, y también al actuar y accionar de cada ingeniero.

Pensamos que se necesitan profesionales competentes, éticos, comprometidos, responsables, con el desarrollo social, pero ya estamos hablando de valores, entonces será necesario preguntarle a las universidades formadoras de ingenieros ¿Qué valores les están inculcando a los futuros ingenieros? ¿Cuál es su ética y que entienden por esta? Porque si ser competente, comprometido y responsable solo queda en la dimensión del desarrollo del proyecto, del trabajo y de la responsabilidad empresarial, estamos frente a un profesional ciego, desinteresado, que solo piensa en un beneficio económico sin tener en cuenta el impacto ambiental, ecológico, social y global que su investigación pueda generar, de esta manera, cada universidad, tendrá que hacer un recorrido epistemológico y ontológico sobre la ética y la moral humana.

Aunque de manera ortodoxa, frente a lo que es un ingeniero en la actualidad, se puede apreciar una delimitación respecto a sus actividades, sin importar cuál sea el conocimiento a aplicar, estos puntos han fortalecido la idea de integrar la física a lo cotidiano, de llevar la física a nuestros patios, pues es gracias a esta ciencia que se han realizado los más grandes descubrimientos que han cambiado el curso de nuestro conocimiento y de la vida misma.

La integración de la física con el mundo de la ingeniería nace en los Estados Unidos en 1924 (Yates, 1992 & Chair, Rec. 2015), con la necesidad de satisfacer mediante nuevas ideas, técnicas y tecnologías, necesidades que iban surgiendo a nivel industrial. Retos que la física iba a aceptar para suplir bienes en una sociedad de consumo más fortalecida tecnológicamente. De esta manera,



la física empezó a trabajar de la mano con el mundo empresarial y a someterse ante la economía. Pero el sometimiento no impidió que diera apertura a nuevas ramas del conocimiento y a nuevos estudios, como por ejemplo la meteorología con la intención de predicción del clima, la geofísica, que estudia la tierra desde la teoría de la física, con un fuerte auge en el estudio de los movimientos telúricos, y la física nuclear aplicada, con el estudio de las propiedades, comportamientos e interacciones de las partículas subatómicas, con creaciones directamente militares (bomba atómica) que después de la guerra fría pasaría a ser usada para el desarrollo de plantas de energías basadas en la fisión nuclear.

El movimiento de la física ha tenido grandes repercusiones, pues las empresas, gobiernos, instituciones educativas han visto un gran potencial de recursos humanos en las universidades. Recursos que pueden ser aprovechados para acelerar el crecimiento industrial, pues desean suplir las necesidades de consumo impuestas en la sociedad por el marketing<sup>7</sup>, aprobado por las personas para satisfacer gustos personales y estéticos<sup>8</sup>, pues la tecnología se ha transformado en nuestro estandarte. Por tanto, la necesidad de innovación, se ha trasladado a las universidades latinoamericanas con el nombre de ingeniería física en países como Colombia, Chile, Cuba, México y Perú, como física aplicada en Brasil y física tecnológica en Argentina (Faúndez & Díaz, 2011) ofreciendo así una nueva perspectiva de la ingeniería a la comunidad en general.

7 El marketing ha creado una nueva necesidad en nuestra sociedad, pues detectan estas necesidades y las transforman en una oportunidad de negocio, implantan o cambian el deseo en las personas y, al final, inducen a la población a ingresar en esta nueva tendencia.

8 Surge de la necesidad de ser reconocidos por un algo, estar a la moda y en las tendencias nacientes en la sociedad.

## Complejidad y realidad

Mundo ecológico<sup>9</sup>, sinergia<sup>10</sup>, co-evolución<sup>11</sup>, auto-organización<sup>12</sup>, homeostasis<sup>13</sup>, entropía<sup>14</sup>, perturbación<sup>15</sup>, caos y fractales son algunas palabras que se relacionan o expresan la complejidad de un mundo cambiante y de un universo que está desde las teorías actuales de la física, en expansión; la complejidad y el caos, son teorías emergentes que se han logrado filtrar en diferentes disciplinas y nos muestran que el mundo no se comporta como la maquinaria de un reloj, no es exacta y difícilmente predecible, donde,

9 Para Capra, específicamente la ecología profunda, advierte la interdependencia entre todos los fenómenos y como estamos inmersos en los procesos cíclicos de la naturaleza (Capra, 1998, p. 28), el uno afecta al todo y este, a su vez, al uno (Causa-efecto-causa)

10 La sinergia está referida a la cooperación, en estos casos, la acción conjunta produce un efecto superior, mas no indica que es equivalente a la suma de sus efectos, de hecho, es superior, mostrando que un fenómeno surge de las interacciones de todos los sistemas, de acá que se apoye el postulado de Aristóteles "el todo es más que la suma de sus partes"

11 Entendida como evolución en conjunto, donde una especie evoluciona en respuesta a otra, como en el caso del guepardo y la gacela

12 Esto se observa en los sistemas vivos, pues gracias a las conexiones no lineales e interdependencias de cada una de las partes del sistema (donde no se pueden analizar cada una de sus partes separándolas del todo), otorgan la posibilidad de la regulación y creación dependiendo de la situación, otorgando una estabilidad en toda la red orgánica y biológica.

13 Es la capacidad de auto-regulación, es el mantenimiento interno para permanecer en estabilidad, este mantenimiento es propio del sistema, pues ningún sistema externo interviene directamente en el.

14 La entropía, dentro de la teoría del caos y la corriente positivista, es la medición del desorden (entropía de Shanon, entropía Wavelet, Entropía de kolmogorov) o caos que posee un fenómeno

15 Perturbación, desde este contexto, son cambios generados por un suceso inesperado que tiene el potencial de establecer un desequilibrio en el funcionamiento de un sistema



complejidad no significa, desde una visión cartesiana, cuestión sin solución, sin argumento, sin ley, es decir, problema. Estas connotaciones de la complejidad quedaron en una época donde la ciencia quería estipular que la naturaleza se rige mediada por leyes, es decir, la naturaleza gira según leyes establecidas por ciencias como la física, pues despojan de ella las variables y relaciones que generan figuras y fenómenos tan hermosos e incomprensibles como la vida misma. Es que lo complejo y caótico no tiene que ver nada con el error total y lo imposible, porque lo estamos presenciando y sucede, no es problema, porque el sistema en general parece mantenerse estable entre tanta dificultad, el conflicto radica en entenderlo desde las teorías actuales, y generar universales en un cosmos donde el todo es más que la suma de sus partes, en el que una pequeña mariposa puede cambiar el curso de la existencia.

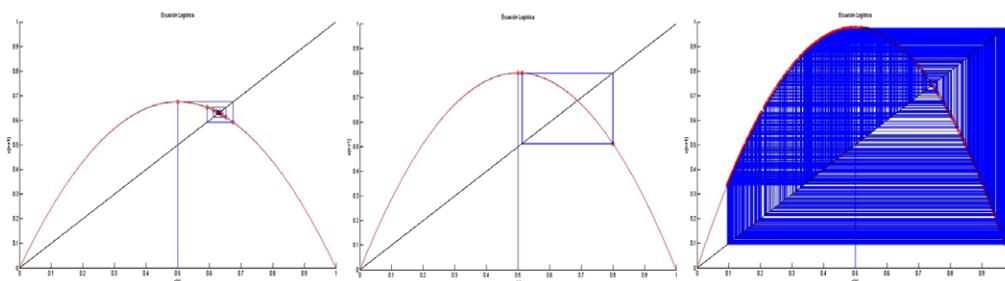
Estamos frente a un nuevo paradigma, una teoría que aún está en formación y donde la teoría del caos toma importancia, un tema donde todas las ciencias pueden participar para hallar pequeños indicios que nos permitan encontrar respuestas al ¿Por qué de las cosas?. Y la importancia de las mismas en la evolución temporal de nuestra naturaleza. Hablamos de relaciones complejas entre fenómenos supuestamente aislados, donde Edgar Morin expresa la complejidad como “un tejido que envuelve eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico” (Morin & Pakman, 1994, P. 33). Cada sistema viviente, si bien tiene su autonomía, pues existe el, gracias a la complejidad, podemos decir que existe e interactúa con el medio, y es éste quien le demarca su determinación, un sistema no es él sin los otros, convirtiéndose así, de un sistema auto-organizador a uno auto-eco-organizador (Morin & Pakman, 1994, p. 57), donde el eco simboliza un mundo ecológico. Una ecología profunda que Fritjof Capra la de-

fine como “interdependencia fundamental entre todos los fenómenos y el hecho de que, como individuos y como sociedades, estamos todos inmersos en (y finalmente dependientes de) los procesos cíclicos de la naturaleza” (Capra & Sempau, 1998, P. 28), donde el todo se relaciona con sus partes y finalmente con el todo.

Dilucidar la complejidad en el estudio de la malla curricular es pues, entender que esta no depende solo de la universidad que la ofrece, sino también de quienes estén regidos por esta, es decir, un problema no solo está asignado a la visión de culpar al gobierno en general, se debe de tener una visión crítica y sistémica del mundo para cuestionarnos, para aceptar y afrontar nuestras decisiones. El cambio no solo lo ofrece el programa, la acción y la decisión deben estar mediadas por el deseo, y este deseo, en el caso particular, quiere leerse desde la acción propia del estudiante, sin desconocer que también el medio tiene su participación en este fenómeno.

### Del caos al orden

La palabra caos, proviene del griego, χάος; se refiere a lo impredecible; su raíz es ghn o ghen “hueco”, “muy abierto” (Diccionario de la Real Academia Española); pero con los cambios lingüísticos, el significado evolucionó a desorden, en estas raíces de la palabra el hombre asociaba (desde un punto de vista epistemológico) al caos como el espacio en que se incluían todas las posibilidades que no podía entender, esa parte de los eventos que no podía definir o predecir, atribuyéndoselo a factores que no lograban controlar como el azar, lo indeterminado, la incertidumbre, lo aleatorio; todo esto se opone a la naturaleza del hombre que intenta definir, cuantificar y controlar todo lo que lo rodea (esta capacidad innata de supervivencia en el medio). De forma directa podemos ver representado estos efectos determinísticos puros en la malla educativa de ingeniería física en diferentes universidades en todo el hemisferio terrestre, y si



**Figura 1:** Espacio de fase ecuación logística con los posibles comportamientos, atractor punto fijo, ciclo límite y extraño o caótico, (imagen realizada en el programa MATLAB).

se quiere en todas las dimensiones que encierra la palabra currículo.

Pero el caos tiene un efecto importantes, y es su sensibilidad a las condiciones iniciales, donde al perturbar estos valores (cuyas variaciones pueden ser muy pequeñas) el resultado final puede ser un evento disímil al esperado, ergo, también se puede hablar de caos determinista, donde un comportamiento estocástico puede ser producto de una evaluación de un modelo determinístico, esto quiere decir, en el mundo de la física y de la matemática, que el desorden puede provenir de un sistema dinámico que está modelado cuantitativamente (ecuaciones diferenciales) y que al variar su condiciones iniciales el resultado final será divergente a las demás resultados. Esto indica que el caos tiene reglas; tomemos de la matemática la ecuación logística discreta usada por Robert May (crecimiento exponencial de Thomas Malthus) (Strogatz, 1994, p. 353), la cual intenta expresar la evolución poblacional, este modelo está definido por una función iterada que va creciendo a partir de la asignación de una condición inicial, en esta ecuación para ciertos valores de  $k$  (tasa de crecimiento) y condición inicial podemos ver diferentes comportamientos que, representados en un espacio de fase, se pueden observar orbitas fijas, estables (ciclo límite), y extrañamente trayectorias caóticas, todos las dinámicas probables, se pueden apreciar tan solo evaluando una formula simple y sencilla como la

ecuación logística, hecho que muestra como el caos puede provocar cambios en estructuras ya establecida.

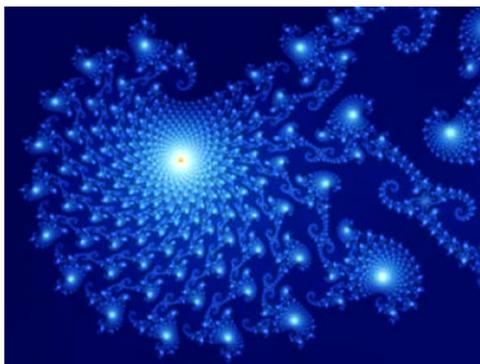
Para entender mejor el caos, el siguiente ejemplo es ilustrado, es como si estuviésemos jugando bolos, la pista por donde la esfera va a pasar es totalmente plana, no tiene irregularidades, desniveles o fricción diferente en cada sección de la pista, determinista en su totalidad, incluyendo la bola y despreciando la fricción del aire (como la física clásica Newtoniana lo propone<sup>16</sup>), tenemos al final los pinos que queremos derribar, si logramos lanzar la esfera en dirección recta con la misma velocidad, altura y zona de impacto inicial, podemos observar que la bola se va a dirigir con el mismo vector de movimiento y derribará los bolos en cada uno de nuestros lanzamientos, pero si antes de ejecutar el lanzamiento se aplica un pequeño giro este tendrá no solo un curso diferente (trayectoria) sino también un final diferente (algunos pinos derribados). Si al mismo suceso le anexamos pequeños obstáculos en el camino, por ejemplo granos de arena, el resultado final también se verá afectado, por tanto, entre más variables o medios

16 No se refiere estrictamente a la física planteada por Newton, sino al hecho que las ciencias fuertes como la física establecen que la naturaleza se rige según leyes, es decir, desde esta visión simplista y positivista, es la naturaleza quien gira alrededor de las leyes y no al contrario, hablamos de determinismo

interactúan con el sistema, el fenómeno presente va a ser enriquecido con movimientos y particularidades tan variadas y complejas que tratar de entender y predecir lo que allí sucede es una labor, en sí misma, compleja y caótica. Entonces podemos ver que pequeñas modificaciones cambian radicalmente el resultado, inclusive, de una elección presidencial, a esto Lorenz lo llamó el “efecto mariposa” (Lorenz, 2000), en este sentido, el sistema educativo puede tener destinos diversos, un pequeño cambio, por ejemplo en la economía, puede desencadenar un problema capaz de privatizar la educación o en el peor escenario desaparecer una institución.

### Los fractales y su relación con la memoria

Hablar de caos también implica generar una discusión acerca de los fractales, pues los matemáticos y físicos encontraron en esta teoría la posibilidad de entender un mundo caótico, que por extraño que parezca, no se desorganiza frente a modificaciones, al parecer, se auto-organiza para sortear y trabajar con las perturbaciones que se presenten, donde cada una de sus partes cumplen una función esencial (no diremos específica) para seguir la lucha contra la entropía. Por tanto, la geometría fractal o los fractales tratan de desentrañar los más aprisionados secretos que la complejidad y el caos nos presenta ante los procesos de organización permitiendo estudiar las formas fragmentadas e irregulares del todo. Mandelbrot Benoit acuñó el término fractal partiendo del adjetivo latino fractus, que significa quebrado o fracturado e irregular donde “su grado de irregular y/o fragmentación es idéntico a todas las escalas” (Benoit, 1997, P. 19) y si somos más estrictos en su enunciado, como lo sugieren las ciencias naturales, “Un fractal es por definición, un conjunto cuya dimensión de Hausdorff-Besicovitch es estrictamente mayor que su dimensión topológica” (Benoit, 1997, p. 32).



**Figura 2:** Imagen de un fractal, tomada de (Ecology & Endocrinology, 2015).

Los fractales son figuras geométricas que poseen una dimensión fractal (partida o fraccional), donde la topología presente indica estructuras que repiten su patrón macro en el mundo micro. Son estructuras donde al ampliar cualquier sección de la misma se puede observar una figura similar a la original, por ejemplo la hoja de un helecho (no entraremos a discutir la inexistencia de fractales perfectos en la naturaleza), son estas pequeñas estructuras las que generan un todo con comportamientos algo parecidos. Acercándonos al mundo de lo biológico, el ADN tiene esta propiedad fractal, pues de una pequeña molécula, que posee información de un todo corpóreo, puede forjar un mundo macro. Apelando a estos datos, es tan poderosa esta información que se pueden observar ciertos parecidos físicos con las personas que hicieron la donación de estos instructivos genéticos.

Pero entonces ¿De qué forma el análisis fractal nos puede ayudar a entender el mundo del cual hacemos parte?, ¿En que nos puede ayudar para determinar el comportamiento de una malla curricular y su inferencia en la construcción de un profesional? desde esta nueva concepción teórica, el análisis fractal nos brinda la posibilidad de entender cómo se organiza o está organizado un mundo que padece un comportamiento

aparentemente desorganizado, cuales son las variables que todos tenemos en común y, solo es una posibilidad, encontrar aquellas memorias perdidas sobre nuestra existencia para poder entender, desde una concepción profunda del ser, cuáles fueron las decisiones que nos llevaron a hacer y ser lo que en el presente somos.

## Metodología

La investigación es cualitativa con un interés comparativo que parte del análisis de las mallas curriculares del programa de física y algunas entrevistas.



Figura 3: Entrevistados UTP.

El profesor entrevistado lleva 15 años dentro del programa y 30 años en la Universidad Tecnológica de Pereira; los estudiantes son de sexto y décimo semestre, los egresados tienen de un año a un año y medio de titulados.

Se triangula información entre los documentos curriculares y las voces de actores que llevan a cabo su proceso formativo en los establecimientos educativos, por tanto, se han realizado entrevistas a un profesor titular (creador del currículo de ingeniería física en el caso de la UTP) y cuatro estudiantes pertenecientes a esta

área. De este modo, puede manifestarse con Mella que:

*“desde un punto de vista metodológico, Dilthey define la hermenéutica en el sentido de que para interpretar expresiones de la vida humana: una ley, un trabajo literario, o una sagrada escritura, se necesita un acto de entendimiento histórico, distinto de la metodología cuantitativa basada en las ciencias naturales. En este caso de entendimiento histórico, lo que es puesto en juego es un conocimiento personal de lo que los seres humanos quieren decir o significar” (Mella, 1998, P. 65)*

Esta labor implica considerar un juego de relaciones que se entranan históricamente, desde una óptica que toma en cuenta los elementos contextuales en medio de los cuales se tejen los sentidos que surgen en los textos que tienen un interés social particular. En esta línea, se entiende que las producciones humanas tienen un sentido y este a su vez no es neutro, tiene una intencionalidad con objetivos en el orden social y lo que se quiere en esta investigación es poder develar los significados que subyacen a un conjunto específico de textos y discursos, de esta manera:

*“las interrogantes como el sentido de la existencia, las implicaciones de la historia y las tareas sociales de las personas junto con la totalidad social, constituyen el contexto donde se realiza el proceso hermenéutico, el cual en alguna medida se constituye como el entendimiento crítico de la sociedad y de nosotros mismos” (Mella, 1999, p. 67)*

En consecuencia, retomar un conjunto de textos y entrevistas tienen como finalidad poder aplicar sobre ellos una labor hermenéutica de entendimiento histórico, ello en tanto se les comprende como una producción humana que en esta medida es temporal y contingente, un tipo de contingencia que también tiene implicaciones del orden social y cultural.



Es decir, se asume que las mallas curriculares nacen bajo un contexto y exigencias sociales y económicas particulares, lo cual se implica con la manera en que estas construcciones impactan en la educación y a las subjetividades que allí se forman desde miradas generales y con fuerte matices instrumentales, cuando hoy la inclusión y lo singular de los contextos y las subjetividades deben ser apuestas fundamentales desde la pedagogía y el desarrollo humano.

### **Procedimiento**

Para realizar la investigación, cuyo fundamento está basado en el análisis de la malla curricular, enfocado específicamente en la estipulada para la carrera de ingeniería física de la Universidad Tecnológica de Pereira, se realizan cinco entrevistas, donde dos participantes son los representantes de esta carrera en la UTP, dos son egresados y un profesor que pertenece a esta carrera, se pretende realizar un análisis de las entrevistas para observar la realidad presente en la UTP para luego establecer una comunicación entre dicha realidad y las teorías de apoyo para su interpretación. Estas entrevistas se realizaron de una forma no estructurada pues la intención final es explorar a profundidad las verdaderas sensaciones de los estudiantes respecto a su programa, tratar de esclarecer aquello que los pone en contra punto con su resolución como profesional y lo que ellos, desde el ámbito personal, quieren llegar a ser. De esta forma, el discurso aquí presente se asume de manera crítica para poder, por medio de una difusión de currículo, integrar en la mente de los estudiantes de esta carrera que lean este artículo, las posibilidades y en cierta medida, necesidades de cambio.

## **Análisis de resultados**

### **Complejidad, caos y fractales en el Currículo de ingeniería física**

Sin lugar a dudas que la complejidad, el caos y los fractales constituyen el entorno

de los grupos sociales. Un buen ejemplo querer reducir la complejidad y el caos, son las mismas definiciones que suelen entregar las normas. Para la Ley general de educación de Colombia, Nr. 115, el currículo es:

*Currículo es 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 recursos humanos, académicos y físicos para poner en práctica las políticas y llevar a cabo el proyecto educativo institucional (Educación, 1994, P. 17)*

Cuando algo se repite, como se pretende con un currículo, es una suerte de fractal, no obstante veremos que no ocurre con tanta claridad en el desarrollo explícito e implícito del proceso formativo.

### **Complejidades de las mallas**

Las complejidades no sólo están dadas por niveles de dificultad, sino también por niveles de variación o, en este caso, de abandono, al repetir los mismos seminarios o asignaturas en un lapso de veinte años, como si la vida económica, social, ética, religiosa y educativa no sufriese variantes.

Al observar la primer oferta del programa, presentado en el artículo del profesor Luis Llamosa (Llamosa, 1996) y comparado con la actual, se puede apreciar un número de asignaturas significativamente menor (60 versus 49), esto implica una carga académica por semestre en el año de 1996 menor que la actual, que puede traducirse en más tiempo libre para que el estudiante lo distribuya ya sea en investigación o en su construcción de saberes. Aunque algunos cambios entre ambas mallas son perceptibles, no implican grandes cambios en su estructuración y funcionamiento.

Es fácil determinar la existencia de un equilibrio curricular en la carrera de



**Tabla 1: Histórico malla curricular ingeniería física UTP (2015) y UTP (1996).**

Análisis curricular UTP 1996/2015		
Semestre	1996	2015
IX	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo de Grado I</li> <li>• Mecánica Estadística</li> <li>• Estado Solido</li> <li>• Física de Transductores</li> <li>• Electiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo de Grado I</li> <li>• Mecánica Estadística</li> <li>• Estado Solido</li> <li>• Física de Transductores</li> <li>• Electiva</li> </ul>
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo de Grado II</li> <li>• Seminario de Ética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo de Grado II</li> <li>• Seminario de Ética</li> <li>• Administración</li> <li>• Constitución Política</li> </ul>
Electivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biofísica (actualmente VI)</li> <li>• Instrumentación Biomédica</li> <li>• Instrumentación para la Docencia</li> <li>• Instrumentación Industrial</li> <li>• Control de Procesos Industriales</li> <li>• Instrumentación Química</li> <li>• Modelado y Simulación</li> <li>• Diseño y Análisis de Procesos Industriales</li> <li>• Taller de mecánica Fina</li> <li>• Medición de la Contaminación Ambiental</li> <li>• Óptica Laser</li> <li>• Metrología (Actualmente VI)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrumentación Biomédica</li> <li>• Instrumentación Para la Docencia</li> <li>• Instrumentación Industrial</li> <li>• Instrumentación Química</li> <li>• Física Médica</li> <li>• Física Forense</li> <li>• Medición de la Contaminación Ambiental</li> <li>• Óptica Laser</li> <li>• Procesamiento de Señales</li> <li>• Procesamiento Avanzado de Señales</li> <li>• Procesamiento Digital</li> <li>• Relatividad</li> <li>• Relatividad II</li> <li>• Ciencias de los Materiales</li> <li>• Magnetismo</li> </ul>

física, equilibrio que trasciende desde su creación hasta la oferta académica actual, esto presenta un gran problema, Wheatley (2011) nos dice que la búsqueda del equilibrio organizacional provoca la muerte institucional, además que si nosotros buscamos y anhelamos ese equilibrio nos estaremos segando a los procesos que fomentan la vida (Wheatley, 2006, P. 81). De hecho el trabajo de Ilya Prigogine demostró que el estado de no-equilibrio es una condición necesaria para que el sistema pueda crecer, ya que solo de esta manera podrá interactuar con los otros sistemas que lo rodean permitiendo una co-evolución. De allí la importancia de una malla flexible, abierta, co-evolutiva que pueda generar un ambiente contextualizado, globalizado, y que permita una auto-realización en todas las dimensiones que sean posibles.

Podemos decir que las universidades se comportan como sistemas abiertos,

pero en algunas ocasiones se visualizan como sistemas cerrados. Así, es cerrado cuando el currículo de una carrera se mantiene sin grandes modificaciones durante un periodo de tiempo considerable como lo presenciamos en el caso de la UTP, en especial frente a las pretensiones que tienen sus estudiantes en su formación profesional. Javier H., egresado de la UTP de la carrera de ingeniería física dice: “Si bien, la formación de base de la carrera es adecuada, se requiere un mayor nivel de disciplina, esto en el ámbito de áreas específicas, pues la carrera presenta un fuerte énfasis en aspectos teóricos de la física pero deja de lado la conexión con la realidad” (Javier. H, comunicación personal, 4 de mayo de 2015), conectado con una malla curricular lineal no le facilita al estudiante explorar otras áreas de conocimiento para elegir su proyecto de investigación y de vida. Estos sistemas cerrados, analizados desde la ingeniería,



limita el número de variables que afecta el dinamismo físico, se reduce el grado de complejidad pero lo caótico sigue presente, lo único que se evitan son las perturbaciones externas. Dilucidar la educación como sistema significa entender que está compuesta de partes, en estos casos de estudiantes que muestran angustia frente a su accionar futuro de realidad, pero no hablamos de objetos físicos, sino del funcionamiento de dichas piezas, cuál es su influencia sobre el sistema, cuál es su actividad y funcionalidad dentro de un todo, donde el todo se forma gracias a la integración de todas las partes como funcionalidades, que le proveen un sentido y propósito, puede ser para alcanzar un objetivo o una meta, esto es lo que enmarca la complejidad, toda estas interacciones que eliminan los absolutos y nos mueven a lo relativo, separa la inherente estrategia humana de determinar con gran exactitud lo que va a ser y nos hablan de la posibilidad de que ese algo sea, dependiendo de las posibilidades, caminos, “finalidades” presentes, e inclusive diseñadas<sup>17</sup>.

Inicialmente y, como el profesor Luis Enrique Llamosa (2015), uno de los creadores del primer currículo de ingeniería física en la UTP, profesor de esta misma universidad y director del grupo de investigación de electrofisiología, comparte su experiencia en la creación del currículo y en general de la carrera de ingeniería física, “la intención inicial, fue sustentada en la necesidad de abastecer el sector de innovación en el ámbito tecnológico combinado con una universidad necesariamente investigativa, es decir, ayudar a la industria mediante investigaciones ejecutadas dentro de la institución” (L. Llamosa, comunicación personal, 6 de mayo de 2015), promoviendo la solución de problemas locales, pues dicha vinculación se realiza con empresas, fundamental-

mente, que se encuentran en la ciudad de Pereira; para llevar a cabo este ideal, se esperaba, en sus inicios, que el programa de física fortaleciera las áreas regidas por las ciencias básicas, en especial la física y las matemáticas y, en combinación, con una preparación en sistemas electrónicos y de control, guiar la física en su forma instrumental; “pero también se sabía que el ingeniero físico tenía la posibilidad de desenvolverse en otros medios o ambientes teóricos, por tanto, se integraron cursos llamados electivas profesionales, cada una ofreciendo un campo de acción específico e importante en ese momento” (L. Llamosa, comunicación personal, 6 de mayo de 2015), esto indica que se tenía conocimiento, en ese entonces, de la interdisciplinariedad que posee la física para estudiar y analizar diferentes aspectos fenoménicos presentes en el universo.

El problema fundamental con el que se encontró Luis Enrique Llamosa y otros colaboradores al crear este currículo es que no existían bases sobre esta naciente ingeniería en el país para poder crearlo, por tal motivo, se basaron en pensum internacionales encontrados en los Estados Unidos y en la antigua Unión Soviética. Realizaron importantes modificaciones y lo integraron en el país pues pudieron identificar el gran potencial que esta carrera podía ofrecer a la comunidad no solo intelectual, sino del común por su gran capacidad teórica, pero que, al pasar el tiempo, fue dejada en el olvido, pues al integrarse al área de ingenierías en la UTP (inicialmente pertenecía al área de ciencias básicas) dejó de ser relevante y se convirtió en una carrera más, opacada por ingenierías que poseían un mejor andamiaje (la ingeniería física es relativamente nueva) y reputación por su historicidad en el país. Esto implicó generar cambios en la malla para poder ofrecer una carrera de interés general apelando a asignaturas de las otras ingenierías, que si bien, podrían ampliar el margen de acción del profesional en esta área, no permite una verdadera adjudicación de conocimientos específicos y claros.

<sup>17</sup> Neologismo creado por la ADC de Colombia para indicar que su trabajo ha sido diseñado en base a diálogo colectivo buscando hacer realidad sus sueños (Calvo, 2013, p. 15)



Al ser ingeniería física una carrera interdisciplinar, puede existir la posibilidad de que ésta navegue por diferentes disciplinas, pero no incrustando asignaturas en su pensum, sino flexibilizando su currículo, por ejemplo, y siguiendo los lineamientos que presenta la UNAL frente a este tema, otorgar un cierto porcentaje del total del número de créditos que tiene este curso de pregrado en la UTP para que el estudiante dictamine y guíe su accionar profesional frente a una disciplina de su agrado. Cambios que para Javier “son necesarios, pues facilitan en el estudiante la elección propia de conocimientos dirigidos a áreas específicas, actualmente, con esta malla, es más la pericia del estudiante la que actúa para decidir qué es lo que le sirve y como debe usar dicho conocimiento en la práctica profesional” (Javier H., comunicación personal, 4 de mayo de 2015). Modificaciones que, para Llamosa, “no tendría una repercusión económica negativa para la universidad, pues estudiantes de diferentes disciplinas tendrán la posibilidad de elegir no solo electivas de su carrera sino las presentes en otras disciplinas que se le hayan dado apertura en el semestre” (L. Llamosa, comunicación personal, 6 de mayo de 2015), puesto que para la universidad pública no existiría un costo adicional dar apertura una electiva con más estudiantes de lo mínimo establecido (15 estudiantes como mínimo para abrir una asignatura)

Aunque la UTP tiene que mejorar en este aspecto (malla curricular flexible), no es de todo escabroso su camino, pues la UNAL enfrenta sus propios déficits, ellos tendrían que responderse ésta pregunta ¿Dónde están la voces de las otras disciplinas y ciencias?, si bien, el plan de estudios de la UNAL posee un alto grado de flexibilidad respecto al de otras universidades de Colombia promoviendo la autonomía en el estudiante, no se observa, en sus asignaturas fijas, conocimientos desligados del ámbito ingenieril, no se percibe un interés profundo en la inclusión de las ciencias sociales, humanas y políticas

en la realización de profesionales en esta área del conocimiento, mientras que, en el plan de estudio de esta misma ingeniería en la UTP existe una real integración de estas ciencias y una preocupación por enfocar una carrera desde una perspectiva más profesional y responsable ante la sociedad, así lo determinan Llamosa y Javier, como asignaturas necesarias para establecer una conexión real con la historia, la cultura y la humanidad; entonces, por un lado tenemos un currículo flexible (UNAL) pero no multifacético en sus asignaturas fijas y un currículo “cerrado” (UTP) pero que incluyen conocimientos de otras ciencias, de tal forma, no es fácil establecer cuál es el más adecuado para nuestro contexto pues será en definitiva el estudiante el que decida cual currículo le es útil a su desarrollo como persona y profesional, puesto que si apoyamos lo complejo, también debemos apoyar la existencia de estos dos currículos, pues de otra forma, estaríamos replicando la misma interpretación científica positivista sobre los fenómenos que integran nuestra existencia.

### **Estudiantes y profesores hablan de las complejidades en las mallas curriculares**

#### **Caos en las mallas curriculares**

Para analizar la malla curricular desde la mirada del caos, basta con observar las diferencias significativas en ambos pensum exceptuando los créditos libres de la UNAL

Es detectable la apuesta que cada universidad presenta frente a la formación de los integrantes de la carrera en cuestión, la UNAL tiene como objetivo fortalecer áreas referentes con la física mientras que la UTP intenta realizar una fuerte aproximación al mundo industrial mediante la automatización e instrumentación, en esencia esta diferencia se presenta puesto que, en la UTP, el currículo de ingeniería física fue articulado en un inicio con otras ingenierías, como la de eléctrica, electró-

**Tabla 2: Asignaturas únicas de la carrera ingeniería física en cada universidad**

Área	UTP	UNAL
Sistemas:	• Programación II (VI)	
Dibujo:		• Diseño Mecánico (Taller II) (III)
Componentes de Formación Disciplinar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecánica de Fluidos (V)</li> <li>• Biofísica (VI)</li> <li>• Control I (VII)</li> <li>• Control II (VIII)</li> <li>• Óptica (VIII)</li> <li>• Programación en Tiempo Real y Proceso Digital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuitos y Dispositivos Electromagnéticos (Taller III) (IV)</li> <li>• Simulación I (VIII) Introducción a la Ingeniería Física (I)</li> <li>• Instrumentación (Optativa)</li> <li>• Ciencias económicas y administrativas (optativa)</li> <li>• Ciencias Básicas y Herramientas Informáticas (optativas)</li> </ul>

nica y sistemas, con la intención de entrar a competir en un mercado basado, en ese entonces, en la automatización, control y optimización de procesos.

Uno de los rasgos más particulares de esta carrera en ambas universidades se encuentra en las facultades donde estas se mueven, en la UTP la física se encuentra incrustada en la facultad de ingenierías, de allí que su perfil profesional posea similitudes al de sus carreras hermanas, y en la UNAL se encuentra en la facultad de ciencias exactas y naturales, diferencia visible en la ejecución de los objetivos que se ofertan para el programa en cada universidad.

Lo que respecta a las electivas o asignaturas complementarias para la formación disciplinar, en la UTP a partir del séptimo semestre el estudiante tiene la posibilidad de elegir tres asignaturas electivas de las 14 que presenta el programa para proporcionar una mejor guía referente al proceso de investigación y direccionamiento de la carrera permitiendo una pequeña especialización de saber, invitando de esta forma potencializar o reforzar áreas que le sean de interés para su vida profesional y posteriormente laboral. También es interesante advertir el acercamiento y ofrecimiento de ciertas materias diversificadas que se desglosan de las ciencias sociales y económicas, como son las asignaturas de las humanidades, ingeniería económica, constitución política, metodología de la investigación entre otras que usualmente son excluidas por las ciencias fuertes como la física, que

hacen parte en estos momentos del plan de estudio de la carrera en cuestión. Un aspecto visualmente interesante e importante al revisar esta malla curricular es poder ver el fuerte énfasis que posee la carrera acerca de sistemas electrónicos y de control para uso industrial, permitiendo apreciar un fuerte interés y apuesta al ajuste evolutivo al atacar los sectores de la tecnología y la instrumentación industrial para optimizar diferentes procesos, por esto no es de extrañar que ingeniería física en la UTP se encuentre y se articule con el área de ingenierías conformadas por las ingenierías eléctrica, sistemas y computación y electrónica.

La divergencia más significativa son las componentes de libre elección que la UNAL ha adoptado, la cual consiste en 34 créditos disponibles que equivalen al 20% del total de créditos del plan de estudio de ingeniería física (UNAL, 2015), que son usados para cursar asignaturas de interés para el estudiante, entre estos 34 créditos se encuentran las asignaturas especiales de la carrera denominadas de profundización, equivalentes a las asignaturas electivas en la UTP, la modificación del plan de estudios de esta carrera en la UNAL se produce en el año 2008 donde se establecen los créditos, grupos y asignaturas del modificado plan curricular de ingeniería física (UNAL, 2015) ofreciendo así, apertura al direccionamiento teórico-práctico del estudiante, que, concatenado con una visión investigativa (grupos de investigación), pueden devolver a la sociedad profesionales altamente competentes.



Los cambios curriculares en la UNAL fueron establecidos gracias al acuerdo 033 del 2007 que consideran que “De acuerdo con lo estipulado en el Decreto Extraordinario 1210 de 1993, es decisión autónoma de la Universidad Nacional de Colombia establecer criterios y normas generales para adecuar sus programas curriculares de pregrado y posgrado a los continuos avances del arte, la ciencia, la filosofía, la tecnología y para garantizar la calidad y la excelencia de la educación avanzada en la Universidad” (Consejo superior universitario, 2007). Comparando los lineamientos curriculares y el acuerdo 033 de la UNAL con la definición que Poveda nos ofrece sobre la ingeniería, especialmente cuando indica que, los profesionales deben estar contextualizados para solucionar problemas de índoles locales, generar personas con conciencia y autónomas, se puede apreciar un fuerte acercamiento a lo que se establece como ingeniero, específicamente en la generación de autonomía por parte del estudiantado, pues el alumno es quien da un uso directo a los créditos libres al tener la facultad de elegir aquellas asignaturas que le sean de su agrado, de tal manera que los guie a su proceso de investigación y vocación profesional. Esto nos muestra una verdadera lucubración, por parte de la UNAL, respecto a la necesidad de tener universidades más asociadas a su ambiente y flexibles con las personas que la integran, adecuando su plan de estudio a los cambios que la sociedad presenta y aceptando los desequilibrios como medio de fortalecimiento y avance.

En el caso de la UTP, no se ha observado un verdadero avance en el tema de flexibilización o mejoramiento de la malla curricular (tabla 1), o si quiera de la inclusión de la carrera en la ciudad de Pereira, como uno de los egresados expresa “El problema real es que en la industria de la ciudad de Pereira, lastimosamente no saben que es o puede ejecutar un ingeniero físico, es más, no saben que esta carrera existe y que la ofertan en la UTP. Este problema es precisamente porque los

directivos no se preocupan en divulgar la carrera en el campo laboral” (Entrevistado 3, comunicación personal, 7 de junio de 2015), esta es la misma experiencia con la que se han encontrado otros egresados al intentar incursionar directamente en el campo industrial, estos son los caos, los desórdenes que presenta la estructura de una carrera cuando no hacen una real inclusión en el contexto social donde se encuentran, ofertando carreras que aún falta por construcción. Esto indica que no ha existido una conexión legítima entre las necesidades del estudiante respecto al contexto y a lo que se entiende por educación. Problemas que no se detectan cuando una universidad no hace un seguimiento debido a sus egresados e inclusive cuando los egresados se desconectan de la realidad universitaria, pues la universidad les envía a sus titulados formatos donde deben de indicar su actividad actual y tienen que realizar una evaluación de la carrera de la cual se titularon.

Es normal que los graduados se desconecten en gran medida de la universidad pues han cambiado de nivel de complejidad, de esta forma los cambios deben estar motivados o movidos por quienes se sienten afectados por el desorden o falta de asertividad de la carrera frente a temas como actualización, contextualización, oferta y demanda, y libertad de elección.

Un estudiante activo de la carrera de física de la UTP manifiesta lo siguiente, “Lo que aprendí después de recorrer diferentes movimientos en la universidad es que toda la comunidad hace público lo que está mal desarrollado o ejecutado en la carrera, siempre señalan lo que se debe cambiar, lo que se debe sacrificar y hacer para llegar a la meta, pero al momento de hacerlo, de realizar dicho movimiento para el cambio, los que encontraron los errores se cruzan de brazos y dan la espalda, ya no hay gente dispuesta a sacrificar a dar la cara, la gente no está comprometida con el cambio, la gente ve las injusticias y prefieren ignorarlas para no salir perjudicados en su actuar educativo” (entre-

vistado 4, comunicación personal, 10 de junio del 2015 ). Palabras que muestran otra realidad del asunto, la universidad no hace efectivo un cambio curricular al no identificar una inconformidad clara en conjunto de los estudiantes

Si los actores principales no interactúan entre ellos no se puede generar una perturbación que radique en modificaciones importantes que beneficie a ambas partes (estudiante-universidad) al no poseer ningún compromiso real ante la modificación de su entorno, por lo menos se espera que “Si usted no va a participar activamente de un grupo o movimiento político, si no quiere hacer un sacrificio, por lo menos dedíquese a realizar cosas pequeñas, eso implica evitar hacer actos deshonestos, pelear por las injusticias que le estén afectando directamente, no permia que un profesor no enseñe, no sea un estudiante que desea culminar algo, no sea un estudiante de nota, prepárese para la vida, si usted logra hacer estos pequeños cambios, está poniendo su parte a un solo objetivo que es el del cambio y posiblemente estos actos puedan ser observados y retomados por otros, así arranca el cambio, un solo movimiento puede servir de inicio y ejemplo para una transformación de la realidad” (entrevistado 4, comunicación personal, 10 de junio del 2015 ).

Pero no todo está perdido, nos encontramos con una universidad como la UTP que tiene equilibrios y desequilibrios, esto muestra que solo se hace necesario un pequeño movimiento para que se haga efectivo un cambio, la carrera está lista para el cambio solo es necesario que los estudiantes, los actores principales se encaminen en conjunto hacia esa meta.

### Fractales en las mallas curriculares

No todo se encuentra escondido en el caos, por ejemplo, las siguientes mallas nos muestran una configuración similar en ambas universidades, lo que se puede comprender como fractal.

La malla curricular de una carrera, en especial referentes a la ingeniería, está ligada a las exigencias presentes por la globalización, pues las universidades<sup>18</sup> tienen entre sus objetivos presentar cursos que a nivel internacional sean competentes y apropiados estableciendo una comunicación y continuidad de estas carreras por temas relacionados con la internacionalización e intercambio estudiantil, fomentando un desarrollo continuo, estable y firme en cada continente asegurando de tal modo, nuevas vías de realidades para cada persona que acceda a estudios universitarios con deseos de explorar otras fronteras educativas y culturales. Por tanto, es fácil encontrar ciertos parecidos en el pensum de ingeniería física en el ámbito tanto nacional como internacional. Aunque la UNAL canalizó los cambios hacia la creación de autonomía estudiantil y contextualización con el ambiente, muchas de sus asignaturas no fueron modificadas en gran medida, pues su norte se encuentra en potenciar la física y que sea el estudiante quien dirija esta ciencia al sector de la ingeniería, meta similar con la que fue creada el mismo programa en la UTP.

Otro comportamiento fractal que se puede distinguir referente a la UTP, es el pensamiento que poseen los estudiantes entrevistados sobre el funcionamiento de la carrera, sus respuestas coincidieron en tres problemas específicos, el primero de ellos se encuentra en la falta de pedagogía y orientación de las asignaturas por parte de los docentes, puesto que “la carrera se encuentra dividida en dos tipos de profesores, los teóricos y los prácticos, los

18 La palabra universidad proviene del latín *universitas*, que de base significa universal, es la forma de mostrar una visión globalizada del mundo. Fundada por la iglesia en su propósito de educar al pueblo e inculcar la palabra revelada. Por ende, cuando se globaliza el objetivo de la universidad, se tiene en cuenta el ideal primero de universidad y que al parecer todavía sigue vigente, pero esta vez, con el fin de conectar partes del mundo que estuvieron ocultas ante la educación.



**Tabla 3: Asignaturas similares y equivalentes en las Universidades UTP y UNAL sede Manizales**

Área	UTP (semestre)	UNAL (semestre)
<b>Matemáticas:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Álgebra Lineal (II)</li> <li>• Matemáticas I (I)</li> <li>• Matemáticas II (II)</li> <li>• Matemáticas III (III)</li> <li>• Matemáticas IV (IV)</li> <li>• Métodos Matemáticos para la Física (V)</li> <li>• Estadística (IV)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Álgebra Lineal (II)</li> <li>• Cálculo Diferencial (I)</li> <li>• Cálculo Integral (II)</li> <li>• Cálculo Vectorial (III)</li> <li>• Ecuaciones Diferenciales (IV)</li> <li>• Matemáticas Especiales (V)</li> <li>• Probabilidad y Estadística (IV)</li> </ul>
<b>Física:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Física I (II)</li> <li>• Física II (III)</li> <li>• Física III (IV)</li> <li>• Óptica (VII)</li> <li>• Física Moderna (VII)</li> <li>• Termodinámica (V)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Física Mecánica (II)</li> <li>• Física Electricidad y Magnetismo (III)</li> <li>• Física Oscilaciones, Ondas y Óptica (V)</li> <li>• Física Moderna (VI)</li> <li>• Termodinámica (V)</li> </ul>
<b>Química:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Química General (I)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Química General I (I)</li> </ul>
<b>Sistemas:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programación de Computadores (III)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informática I (I)</li> </ul>

teóricos poseen un alto grado de pedagogía pero no unen sus teorías a problemas reales de ingeniería y los prácticos poco les interesa explicar la teoría desde la demostración” (entrevistado 5, comunicación personal, 12 de julio de 2015), esto no es nada nuevo, los ejes temáticos de cada asignatura y la pedagogía son diferentes por materia y profesor, pero el déficit de los docentes los expresan en que “es necesario que existan docentes que hayan tenido experiencia en el sector industrial e investigativo, pues tenemos que recordar que estudiamos una ingeniería física, esto se traduce en llevar la física a la cotidianidad para resolver problemas sociales o de otra índole” (Entrevistado 3, comunicación personal, 7 de junio de 2015), el segundo problema en que coincidieron fue el poco interés de las directivas del programa en hacer conocer la ingeniería física en las industrias de la región, pues al momento de encontrar prácticas empresariales o empleos existía muy poca demanda y conocimiento de las posibilidades que ofrece la carrera a diferentes sectores, esta desinformación se traduce en la visión general que poseen las personas sobre ingeniería física ya que “las personas y los mismo estudiantes de la universidad desconocen lo que hace un ingeniero

físico y lo relacionan directamente con el sector educativo y la investigación” (entrevistado 5, comunicación personal, 12 de junio del 2015 ).

El último fractal que se puede encontrar respecto a las entrevistas es que a la carrera solo ingresan las personas que no tuvieron el puntaje suficiente para hacer parte de la carrera de primera elección, esto lo hacen para poder tener entrada a la universidad y cambiar de carrera una vez comenzada su vida universitaria; al realizar la pregunta sobre la cantidad de estudiantes promedio que habían por asignaturas en semestres altos (a partir del semestre 6) la respuesta se encontraba en un promedio de 10 estudiantes, para poner este resultado en contraste, a la carrera ingresa un promedio de 60 estudiantes por apertura de programa, y en semestres finales solo continúan 10 de ellos.

Los fractales aplicados en la educación pueden permitir encontrar un punto en común en los estudiantes donde se generen acuerdos que puedan cambiar de forma sustancial su proyección a futuro, por ejemplo, un paro se origina por una pequeña perturbación que genera un grupo de personas por las discordias respecto a las políticas establecidas, por



injusticias, maltratos o lo que sea por otros motivos que pueden ser exógenos a la educación. Este movimiento arrastra más personas que conlleva a una gran corriente que puede generar caos en la estructura social, pero para que este suceso se dé, los que se acerquen a este movimiento deben de tener un punto en común, no uno de arranque sino algo con lo que están de acuerdo, de esta forma, todo el movimiento se genera por una sola sensación, una sensación que está asociada en el todo, por ejemplo, la injusticia, y le facilita a la entidad o empresa contra la que estén luchando discutir soluciones posibles para satisfacer dicha discordia. Por ende, modificar un acuerdo, o inclusive una malla curricular es que exista un algo que es común para todos y que ese algo tenga grandes repercusiones en la estructura original, esto nos moviliza a la dificultad que exige cambiar una plan de estudio, “Un fractal no arrancaba con un gran dibujo, sino con un pequeño bosquejo que se repite y crea unas grandes imágenes. Si todos pudiésemos replicar o ejecutar esa pequeña función, pues lograríamos crear una gran obra de arte, y no es necesario ser iguales o pensar igual, no tiene que estar en un mismo orden, pues cada ser es diferente, pero si unimos esos pensamientos mediadas por una misma sensación podemos reconfigurar nuestra realidad” (entrevistado 4, comunicación personal, 10 de junio del 2015 ),

Todos estos problemas que los estudiantes identifican, en combinación con el poco compromiso que tiene la UTP con esta carrera, visible en el hecho de no contar con una planta física propia e independiente, conllevan a una idea escabrosa sobre el funcionamiento real del programa, pero la realidad es que el verdadero direccionamiento profesional lo ofrece el estudiante cuando es capaz de decidir qué tipo de ingeniero quiere ser, cuando estudia lo no estudiado, cuando se aleja de lo común y explora lo diferente, es el cambio desde la perspectiva del “yo”.

## Construcción del ingeniero físico desde el ser para el quehacer

Es importante enfatizar que, la realización educativa de una persona tiene que ver en gran medida con lo que el entorno y su medio le ofrece, pues es éste quien demarca en gran medida el accionar del individuo y las posibilidades de sufragio en su direccionamiento teórico-práctico, la malla curricular es un ejemplo particular. Entendemos, desde la perspectiva del nuevo paradigma, que nuestra vida es más que la construcción de nuestra realidad desde la perspectiva del “yo”, porque el todo es más que la suma de sus partes. Nuestra construcción de vida, es un desarrollo en comunidad, es decir, no solo nosotros construimos nuestro camino, sino que la sociedad, la cultura, el contexto, la educación, la familia, entre otros nos dan las herramientas para sortear terrenos frondosos y de largo trayecto, el “yo” construye camino, pero el “otro”, específicamente el entorno, pone a disposición las herramientas para poder hacerlo; yo selecciono los mecanismos que me pueden ser útiles para desarrollar mi proceso de formación mediante las relaciones que puedo establecer entre los diferentes sucesos.

Entonces nuestro mundo no solo es la suma de todas sus partes, ¿Dónde queda la interacción con el mismo, con las otras partes y con el todo?, y es que tenemos que tener presente que nosotros somos seres biológicos, pensantes, hablantes, sociales, culturales, históricos, que estamos en constante lucha con la entropía, con la destrucción, la desaparición, el olvido. Porque visto desde la vida, un sistema lineal al ser como tal un sistema ordenado que en un espacio de fase, todos sus “eventos” siguen una misma ruta, convergen a una solución o siguen un ciclo límite, son sistemas que tarde o temprano volverán a repetir sus mismas historias, por esto, la construcción de realidad, no debe ser única, no existe un profesional que sea o ejerza una función



de la misma forma (hablando de calidad, tiempo de ejecución, asertividad, ...) que otra persona capacitada.

A cada individuo, a cada humano se le exige alejarse de un quietismo extremista, el tiempo no tiene la facultad de cambiar algo, son las acciones, las personas, el “yo” quien determina o construye una existencia y por ende una realidad. ¿Qué ingeniero quiero ser, y qué puedo hacer para convertirme en la proyección que he estipulado?, cuestionamientos que cada individuo que pertenezca a cada ingeniería se debe realizar.

La construcción del ser profesional, en este caso para el ingeniero físico, “está fuertemente influenciada por una visión global sobre su labor en un contexto social, en este caso, se intuye, desde una visión social, que nuestros ingenieros están guiados al campo de la docencia o de la investigación, más que al mundo empresarial o industrial” (L. Llamosa, comunicación personal, 6 de mayo de 2015), esto implica que, cada uno de los que integran este programa en la UTP, terminan ejerciendo lo que sus egresados y las personas han hecho con esta carrera, esto desde una mirada filosófica existencialista (Sartre, 1998), que en parte no se desliga de la realidad presente. Por ejemplo, lo que se ha encontrado en esta investigación, es que las asignaturas afines o electivas que más se abren en esta carrera en la UTP son las de procesamiento de señales y, ocasionalmente una de las otras electivas, en total son dos electivas que se abren por semestre donde la mayoría se integran a la de procesamiento de señales, que en estos casos posee tres versiones (Procesamiento de señales, procesamiento avanzado de señales y procesamiento digital de imágenes) (UTP, 2015) de las misma que se abren satisfactoriamente para dar continuidad a esta línea, mientras que el resto de electivas (exceptuando relatividad) sólo disponen de una versión, esto implica que el estudiante estudie ciertas áreas sin fortalecer y potenciar realmente una de estas

actuaciones, solo la de procesamiento de señales disfruta de estos beneficios. Pero éste problema no se presenta por conexiones “extrañamente” políticas, sino por decisión estudiantil (también se puede deber a el escaso número de estudiantes que llegan a estos semestres, aunque de esto no se tiene datos), ligados a normas establecidas para dar apertura a las otras electivas, la mayoría elige procesamiento de señales y unos pocos se dirigen a otras electivas, el problema radica en que existe un número límite de estudiantes por asignatura para dar apertura a la materia en cuestión, son pocos los estudiantes que se presentan a las otras electivas, pero también es cierto que son poco los estudiantes en esta carrera que llegan a semestres de apertura de profundización.

Estos problemas, combinados con la rigurosidad que presenta el programa, hacen efectiva la elección de asignaturas electivas o de profesionalización que no son de agrado para algunos estudiantes, teniendo que unirse a la masa sin posibilidad de realizar su propia inducción en un área amena a su proyección, el problema presente no es de elección o decisión, sino cuestiones organizacionales que presenta los pregrados en ingeniería en la UTP, la universidad nacional de Colombia, en cualquiera de sus sedes, no presentan estos problemas puntuales, pues gracias a su renovación curricular ejercida en el 2008, han podido establecer una especie de libertad de elección en cada una de sus carreras a nivel pregrado.

Cada situación, cada problema o circunstancia, posee un gran número de posibilidades de solución, como un río, que en todo su trayecto presenta bifurcaciones, donde quien navegue en éste, tendrá la facultad de elegir; las asignaturas electivas del currículo solo son una posibilidad que el estudiante posee para dar cuenta de su accionar profesional, pues el aspecto más importante y relevante, que en cierto modo es el que demarca el conocimiento del estudiante, es la participación activa que el estudiantado



posea en un grupo de investigación, ya que estos grupos tienen el potencial de fortalecer falencias curriculares que las carreras posean y forman parte intrínseca de la vida académica en general, la investigación en la universidad nació con la intención de alejarse del único interés inicial de transmisión de conocimiento y docencia que estas poseían, pues se encontraron con la posibilidad de activar dichos conocimientos en un medio donde existieran la posibilidad de solucionar los problemas que las sociedades presentaban, incluido cuestiones tecnológicas y de innovación; gracias a esta nueva visión de universidad, surgida desde el siglo XIX, las universidades se han mostrado ante la humanidad como activadoras de conocimientos y gestoras de calidad con gran énfasis en la solución de problemas mediante la formación de estudiantes altamente capaces y eficientes que trabajan y se interesan por y para la sociedad (Jiménez, 2006). Toda universidad de “alta” categoría o nivel educativo, posee en su organización, grupos de investigación de alto nivel y desempeño que tienen como objetivo primordial inducir en el estudiante la capacidad de resolver problemas mediante el fortalecimiento teórico y práctico basados en el conocimiento que les compete como grupo específico; ello permite al estudiante direccionar su vida hacia una nueva concepción de conocimiento pero que no presente una dicotomía entre su disciplina y su elección (aunque su campo de acción puede cambiar en todo su devenir como estudiante y profesional), es decir, no se puede pretender borrar el estudio de tres o cuatro años de una disciplina con realizar una investigación diferente a su campo básico de acción, esto presenta un segundo limitante, se puede elegir el ingeniero que se quiera ser pero teniendo en cuenta lo que su disciplina le permita.

Puede que esto suene contradictorio al discurso planteado, pues no deben de existir límites en la construcción del “ser”, pero es necesario determinar y enunciar

cuales son los inconvenientes que demarcan la construcción o configuración de la persona. Si se estudia para ser matemático y se ha ingresado a esta categoría en una universidad, no se puede pretender ser biólogo<sup>19</sup>, pues si se ha decidido seguir estudiando la elección primera de carrera, será un gran espacio temporal el que se ha de recorrer para ser matemático, en estos casos, lo único que se podrá generar es un área de conexión teórica entre las matemáticas y los procesos naturales mediante ecuaciones que modelen, por ejemplo, la tasa de crecimiento de un nicho ecológico. En estos momentos nos encontramos con un tercer limitante, el tiempo, observar diferentes senderos de conocimientos es posible, pero tomar uno de estos caminos y, a mitad de camino decidir dar un salto conceptual a una disciplina diferente, dejando en el olvido la trayectoria pasada (lo que usualmente sucede con el caos) (Schifler, 2000), imposibilita una construcción específica de conocimiento y de profesión, puesto que para ser profesional altamente capacitado en una línea de conocimiento, necesita, en el caso de una persona, una inversión temporal lo bastante alta para que este se haga llamar especializado, Dios nos ha hecho temporales, tenemos tiempo de caducidad, por esto, la proyección de la persona, y en este contexto, del ingeniero que se quiera formar, toma gran relevancia, esto no implica un determinismo existencial, no quiere decir que si nos proyectamos al futuro ya todo estará dicho, como se ha visto, no es posible prever el futuro, pues el caos “establece límites a nuestra capacidad para predecir

19 Necesidad imperante, justificada por el cronos, de seguir la disciplina elegida, no por la imposibilidad del ser para cambiar, sino por los lineamientos que se deben cumplir ante las propuestas curriculares que presenta la universidad frente a la carrera elegida, esto solo si se desea dar continuidad a dicho programa, de lo contrario, el estudiante dentro de la institución, tendrá la posibilidad y disposición de cambiar de programa.



un comportamiento” (Schifler, 2000, P. 10) solo se propone establecer día a día metas específicas que estén unidas a la posible respuesta a la pregunta ¿Qué persona quiero ser? ¿Qué Ingeniero quiero ser?

Desde esta nueva concepción, si el sistema no tiene el propósito de cambiar, nosotros, como seres sinérgicos, homeostáticos, auto-eco-organizador, relacionantes que co-evolucionan, tenemos que estar en disposición de hacerlo, y así, posiblemente, quienes desarrollan el currículo contemplarán la necesidad de modificarlo, pues en definitiva, quien sufre directamente las decisiones o injusticias son aquellos quienes las están padeciendo, es decir el “yo”, esto propone una reflexión seria de quienes fuimos, somos y cuáles son nuestras aspiraciones (recordando que somos seres temporales) como personas sociales, profesionales “altamente competentes” y contextualizados.

Con todos estos problemas y limitantes que posee el programa, parece ser que la mejor solución es dar más apertura a la malla curricular de ingeniería física, aprovechar su interdisciplinariedad y brindarle la posibilidad al estudiante de elegir electivas de otras disciplinas, pues de esta manera, las posibilidades de apertura profesional se amplía al igual que las conexiones con otras visiones de mundo, con otras personas, y así, se podrán ver trabajos que reúnan conocimientos variados y soluciones más certeras.

## Conclusiones y recomendaciones

La malla curricular de la UTP es rígida, continuista y poco dada a la sorpresa, que la hace casi insensible a las necesidades e intereses de los educandos y a los cambios de época.

La UNAL ha logrado implementar una malla curricular que une lo tradicional con la autonomía personal que permite trabajar a favor de las necesidades y deseos del estudiante.

Se debe reconocer que cada persona es un ser único y diferente al otro, lo que indica la necesidad de reconocer y, en cierta medida, abastecer los intereses intrínsecos a cada persona, esto parece implicar, de nuevo, una malla curricular flexible que pueda garantizar un libre desarrollo tanto de la personalidad como de la especialidad.

Aunque se desconoce directamente cuales son las consecuencias económicas y sociales que traería la implementación de una malla flexible en la UTP, se debe tener en cuenta que el salto lo debe de generar el estudiante (en la medida que le sea posible), mediado por su historia, su interés de momento con cierta proyección futura, al intentar realizar investigaciones basadas en teorías que de otra forma no conocerían en la carrera en cuestión.

Un aspecto interesante para revisar sobre la complejidad, en el caso de la malla curricular en ambas universidades, es que, si bien es cierto que la UNAL favorece, en cierto grado, la autonomía y relaciones que el estudiante identifique como necesarias en su devenir profesional, no existe una conexión dialógica entre diferentes ciencias, aspecto que se puede evidenciar en la adecuación de asignaturas pertenecientes a las ciencias sociales en la malla curricular de la UTP que no se incluyen en el programa de la UNAL. Esto implica un interés en generar ingenieros con cultura ciudadana, profesionales, críticos e inmersos en un interés práxico (con toma de conciencia) de su quehacer como profesional.

Esto nos muestra que para una investigación amplia, profunda y con conciencia, se hace indispensable que los estudiantes puedan trabajar en conjunto con otras personas que manejen disciplinas diferentes, no solo guiadas por la ingeniería, sino por las ciencias sociales para fortalecer la idea del impacto social que pueda acarrear esta investigación para la comunidad no solo académica, sino social.

Nos encontramos de esta manera inmersos en una caverna de pensamiento



que nos dificulta el observar la realidad de lo que somos, y podemos llegar a hacer, pero estamos en una época en donde los científicos y nosotros estamos saliendo de esa oscuridad enclaustrada en una caverna protectora y aisladora de turbaciones gracias a que hemos observado y aceptado el caos, los fractales y la complejidad como nueva visión de mundo, como un posibilidad de encontrar una nueva luz que nos permita realizar una búsqueda de nosotros mismos, en un encontrarnos.

Ergo, se sugiere dar apertura a una reconciliación entre las ciencias, para entrar en un dialogo sinérgico que posibilite encontrar respuestas a preguntas sin responder respecto a lo que significa ser humano y la vida. Crear proyectos donde cada ciencia podrá integrarse a una investigación en conjunto desde sus conocimientos ofreciendo la alternativa de llenar un pixel de una imagen que al observarla en su totalidad, no se distinguirá cual ciencia tuvo supremacía, pues ofrece la visual de una imagen nítida y clara sobre lo estudiado, imagen formada por las matices, colores y combinaciones que cada ciencia puede hacer sobre otra ciencia, sin discriminaciones ni tapujos y, talvez así, al realizar una verdadera investigación podremos encontrarnos, entendernos y salir de la caverna a la que nos han sometido las linealidades, esto es, tenemos una pantalla en blanco, cuando una ciencia estudia una parte del ser humano, se llena un pixel, pero este pixel al ser una sola ciencia, se encuentra en un solo color, si intentamos explicar a este humano con esta sola ciencia, solo podremos observar una imagen de un solo color, aunque con diferentes saturaciones, y entre más se profundice en su análisis con esta misma ciencia, solo lograremos mejorar la resolución, pero si integramos otra ciencia, podremos tener una imagen pixelada pero

esta vez con dos colores que se traduce en conocimientos diferentes, si anexamos una ciencia más tendremos más colores por disfrutar y más pixeles anexados, la intención será que cada ciencia ponga su pixel y en combinación con otras pueda adquirir un color con contrastes diferentes y, al seguir estudiando al ser humano, al final podremos tener una imagen detallada y clara de lo que se ha estudiado en conjunto gracias al aporte, en estos casos el pixel que cada ciencia ha puesto en su lugar. Puesto que si vemos las cosas por su detalle solo podemos apreciar el caos, un devenir de orden y desorden sin un motivo aparente, y si observamos la cosa en su totalidad, observaremos movimientos cuasi-periódicos que forman estructuras hermosas e intrigantes como el mismo ser humano.

Ya se ha analizado la estructuración curricular (malla curricular) que posee la ingeniería física, cuáles son sus falencias y fortalezas, pero se espera que en un futuro se pueda estudiar más a fondo todo lo que compone el currículo, como por ejemplo, la pedagogía y didáctica que usan los docentes en el área de matemáticas y la física e identificar cuáles son los resultados obtenidos por los estudiantes ante este tipo de enseñanza, todo desde la ventana del caos, fractales y la complejidad.

También se observa la posibilidad de analizar qué pasa en la unión pedagógica y teórica entre las universidades y los colegios, pues se observa un gran número de estudiantes que desertan de las universidades en primer semestre de carrera, que puede estar implicado en un nivel bajo de interacción entre ambas entidades socializadoras que provocan desorden, esta vez injustificado (pues no es posible entender cómo se acepta el hecho de que un gran número de estudiantes abandonen la universidad en primer semestre académico).



## Bibliografía

### Fuentes:

Behavioural Ecology & Endocrinology. (2015). *Fractal geometry deciphers the secret messages of avian plumage*. Recuperado de: <http://www.behavecol.es/en/research/fractal-geometry-deciphers-the-secret-messages-of-avian-plumage~21>

Mandelbrot, Benoit. (1997). *La Geometría fractal de la naturaleza*. Barcelona: Tusquets Editores.

Berger, Peter Ludwig, & Luckmann, Thomas. (1973). *La construcción social de la realidad*. Paraguay: Amorrortu Editores

Calvo, Carlos Muñoz. (2013). *Del Mapa Escolar al Territorio Educativo: Diseñando la Escuela desde la Educación*. La Serena, Chile: Editorial Universidad la Serena.

Capra, Fritjof, & Sempau, David. (1998). *La trama de la vida*. Barcelona: Anagrama.

Chair, Michael Santos. (2015). *Program in Engineering Physics*. Recuperado de: [http://catalog.ou.edu/current/Engineering\\_Engineering\\_Physics.htm](http://catalog.ou.edu/current/Engineering_Engineering_Physics.htm)

Consejo superior universitario (2007). *Acuerdo 033*. Recuperado de: <http://www.legal.unal.edu.co/sisjurun/normas/Norma1.jsp?i=34245>

de Educación, L. G. Ley 115 de 1994 (1994). *Bogotá, Colombia: Ediciones FECODE*.

Edelman, Gerald Maurice, & Tononi, Giulio. (2004). *Universo de La Conciencia*. Barcelona: Crítica.

Faúndez, Claudio A. y Díaz-Valdés, Joaquín F. (2011). *Ingeniería física, un título profesional universitario de la física aplicada para el ámbito productivo*. 4(3). 43-50. La Serena, Chile: Formación Universitaria, Universidad de Concepción.

Guzmán, Eduardo Sevilla, & de Molina Navarro, Manuel González. (1990). *Ecosociología: Algunos elementos teóricos para el análisis de la coevolución social y ecológica en la agricultura*. Barcelona: Reis, P.P. 7-45.

Llamosa, Luis Enrique & Ramírez, Ramiro Ramírez. (1996). "Ingeniería Física en la UTP". Pereira: Scientia et Technica, 4, P.P. 137-146.

Lorenz, Edward. (2000). 7. *The Butterfly Effect*. The chaos avant-garde: Memories

of the early days of chaos theory, 39, P. 91. London: World Scientific Publishing Co.

Mella, Orlando. (1998). *Naturaleza y orientaciones teórico-metodológicas de la investigación cualitativa*. Santiago: CIDE, 51.

Morin, Edgar, & Pakman, Marcelo. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.

Poveda, Gabriel. (1993). *Ingeniería e historia de las técnicas (I)*. Colombia: Colciencias.

Reigeluth, Charles M. (2004). *Chaos theory and the sciences of complexity: Foundations for transforming education*. San Diego: In annual meeting of the American Educational Research Association.

Sartre, Jean Paul. (1998). *El existencialismo es un humanismo*. Editorial Huáscar.

Schifter, Isaac. (2000). *La ciencia del caos*. México, D.F: SEP.

Scimago. (2015). *Universities in Colombia*. Recuperado de: [http://www.scimagoir.com/pdf/iber\\_new/SIR%20Iber%20COL%202015%20HE.pdf](http://www.scimagoir.com/pdf/iber_new/SIR%20Iber%20COL%202015%20HE.pdf)

Serna, Julián (2014). *Seminario Educación, Formación y Cultura*. Pereira: Universidad Católica de Pereira.

Strogatz, Steven Henry. (1994). *Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry, and engineering*. Massachusetts: Perseus books.

UNAL. (2015). *Ingeniería Física*. Recuperado de: [http://www.pregrado.unal.edu.co/docs/pep/pep\\_4\\_56.pdf](http://www.pregrado.unal.edu.co/docs/pep/pep_4_56.pdf)

UTP. (2015). *Ingeniería Física*. Recuperado de: <http://ingenierias.utp.edu.co/ingenieria-fisica/objetivos.html>

Wheatley, Margaret. (2011). *Leadership and the new science: Discovering order in a chaotic world*. California: Berret-koehler publishers.

Yates, W. Ross. (1992). *Lehigh University: A history of education in engineering, business, and the human condition*. Bethlehem: Lehigh University Press.

### Referencias:

Bernstein, Basil. (1988). *Poder, educación y conciencia: sociología de la transmisión cultural*. Santiago: CIDE.

- Briggs, John, & Peat, Francis David. (1999). *Las siete leyes del caos: las ventajas de una vida caótica*. Barcelona: Grijalbo.
- Einstein, Albert, & Infeld, Leopold (1986). *La evolución de la física (24)*. Barcelona: Salvat Editores
- Eizaguirre, Marlen, Urrutia, Gorka, & Askunze, Carlos (Eds.). (2004). *La sistematización, una nueva mirada a nuestras prácticas: guía para la sistematización de experiencias de transformación social*. Bilbao: Alboan.
- González, Esther Amez. (2012). Los fractales como realidad multidisciplinar: Una proyección sobre el ámbito de la Sanidad. Madrid: Encuentros multidisciplinares, 14(41), 14-20. Universidad Autónoma de Madrid.
- González González, Miguel Alberto. (2015). *Sociedades agendadas en tiempos intoxicados. Sospechar un poco del tiempo educativo*. Bogotá: Ediciones Desde Abajo. En: [http://www.researchgate.net/publication/280309067\\_Tiempos\\_intoxicados\\_en\\_sociedades\\_agendadas\\_Sospechar\\_un\\_poco\\_del\\_tiempo\\_educativo](http://www.researchgate.net/publication/280309067_Tiempos_intoxicados_en_sociedades_agendadas_Sospechar_un_poco_del_tiempo_educativo)
- Jiménez, William Guillermo. (2006). *La formación investigativa y los procesos de investigación científico-tecnológica en la Universidad Católica de Colombia*. Bogotá: Studiositas.
- Magariños de Morentin, Juan Angel. (1984). *Del caos al lenguaje*. Buenos Aires: Tres Tiempos.
- Martinic, Sergio. (1998). El objeto de la sistematización y sus relaciones con la evaluación y la investigación. Ponencia presentada al Seminario latinoamericano: sistematización de prácticas de animación sociocultural y participación ciudadana en América Latina. Medellín: Fundación Universitaria Luis Amigó-CEAAL, 12-14.
- Maslow, Abraham. (1991). *Motivación y personalidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Morín, Edgar. (1999). *Los 7 saberes necesarios para la educación del futuro*. Paris: UNESCO
- Munné, Frederic. (1995). Las teorías de la complejidad y sus implicaciones en las ciencias del comportamiento. Brasil: Revista Interamericana de psicología, 29(1), 1-12.
- Najmanovich, Danise. (2001). *Pensar la Subjetividad. Complejidad, vínculos y emergencia*. Zulia: Utopía y praxis Latinoamericana, 6(14).
- Pastor, Juan, & García-Izquierdo, Antonio León. (2007). Complejidad y psicología social de las organizaciones. Asturias: Psicothema, 19(2), 212-217.
- Pisemskaya, Natalia Bondarenko. (2007). El lenguaje y la teoría del caos. Zulia: Opción, Revista de Ciencias Humanas y Sociales, (53), 38-51.
- Puig, Neus Sanmartí, Bonil, Josep, & Tomás, C. (2004). Un nuevo marco para orientar respuestas a las dinámicas sociales: el paradigma de la complejidad. Barcelona: Investigación en la Escuela, (53), 5-20.
- Reynoso, Carlos. (2006). *Complejidad y caos: una exploración antropológica*. Buenos Aires: Colección Complejidad Humana.
- Kauffman, Stuart Alan. (1993). *The origins of order: Self organization and selection in evolution*. Oxford: Oxford university press.
- Villalobos, Juan Carlos, de Cabo, Ruth Mateos, & Fernández, Elena Olmedo. (2005). *De la linealidad a la complejidad: hacia un nuevo paradigma*. Madrid: Cuadernos de estudios empresariales, (15), 73-92.
- Watzlawick, Paul. (1979). *¿Es real la realidad?* Barcelona: Herder, p.p. 7-8.
- Wolf, Alan, Swift, Jack B., Swinney, Harry L., & Vastano, John A. (1985). Determining Lyapunov exponents from a time series. Amsterdam: Physica D: Nonlinear Phenomena, 16(3), 285-317.