



APROXIMACIÓN COMPLEJA A LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS

Complex Approach to the Teaching of Mathematics

Marlene Aiza Choque

marlen.aiz.py@gmail.com

código ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2755-0957>

Ingeniera Sistemas

Ingeniera Industrial

Magister en Sistemas Integrados de la Universidad Mayor de San Simón

Doctorante Escuela Militar de Ingeniería

I. INTRODUCCIÓN

Este documento es un primer acercamiento a la complejidad aplicada a las matemáticas en la educación superior.

I. INTRODUCTION

This document is a first approach to complexity that will later be applied to mathematics in higher education.

II. RESUMEN

El concepto de complejidad no es una categoría técnica acuñada desde cero, sino un término del lenguaje común que, como tal, tiene un conjunto de significados históricamente adquiridos y fijados.

En las últimas décadas, la complejidad ha emergido como un marco teórico fundamental para comprender fenómenos que desafían las explicaciones lineales y simplistas. En el contexto de la educación superior, este enfoque ha cobrado particular relevancia en el estudio de las matemáticas, una disciplina intrínsecamente ligada a la comprensión de estructuras y procesos complejos en diversas áreas del conocimiento. Este artículo explora cómo la complejidad arroja nueva luz sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en entornos universitarios, reconociendo la interconexión de múltiples factores que influyen en la enseñanza de las matemáticas. A través de un análisis crítico y reflexivo, se examinan las implicaciones pedagógicas y epistemológicas de adoptar este enfoque en la formación de futuros profesionales en campos tan diversos como la ingeniería, la física, la economía y las ciencias sociales. Además, se exploran posibles estrategias y metodologías que permitan integrar de manera efectiva la complejidad en la práctica docente, con el fin de fomentar un entendimiento más profundo y significativo de las matemáticas entre los estudiantes universitarios. En última instancia, este artículo aspira a contribuir al diálogo académico sobre cómo abordar la complejidad inherente de las matemáticas en el contexto de la educación superior, promoviendo así una formación integral y reflexiva en esta disciplina crucial para el desarrollo intelectual y profesional de los estudiantes.





II. ABSTRACT

The concept of complexity is not a technical category coined from scratch, but a common language term that, as such, has a set of historically acquired and fixed meanings.

In recent decades, complexity has emerged as a fundamental theoretical framework for understanding phenomena that defy linear and simplistic explanations. In the context of higher education, this approach has gained particular relevance in the study of mathematics, a discipline intrinsically linked to the understanding of complex structures and processes in various areas of knowledge. This article explores how complexity sheds new light on the teaching and learning of mathematics in university settings, recognizing the interconnection of multiple factors that influence the teaching of mathematics. Through a critical and reflective analysis, the pedagogical and epistemological implications of adopting this approach in the training of future professionals in fields as diverse as engineering, physics, economics and social sciences are examined. In addition, possible strategies and methodologies are explored to effectively integrate complexity into teaching practice, in order to foster a deeper and more meaningful understanding of mathematics among university students. Ultimately, this article aims to contribute to the academic dialogue on how to address the inherent complexity of mathematics in the context of higher education, thus promoting a comprehensive and reflective training in this discipline crucial for the intellectual and professional development of students.

III. Palabras clave: Educación, complejidad, matemáticas, enseñanza

IV. Keywords: Education, complexity, mathematics, teaching

V. DESARROLLO

Las matemáticas han sido consideradas durante siglos como la expresión más pura de la inteligencia. En ella resplandecen ideales como los de claridad y rigor, y no es de extrañar que muchas disciplinas científicas y filosóficas se hayan afanado en emular semejante grado de certeza. Descartes anhelaba construir una filosofía matemática.

En el informe del año 2005 de la Organización de las Naciones Unidas (Organización de las Naciones Unidas, 2005) presenta los objetivos propuestos por la ONU, para ser alcanzados hacia el año 2015. En el área de "Desarrollo y erradicación de la pobreza", los objetivos son ocho, denominados los Objetivos de Desarrollo del Milenio. De los ocho objetivos, el número dos está directamente relacionado con la educación, el cual establece "Lograr la educación primaria y universal" (Organización de las Naciones Unidas, 2005, pág. 83). La meta propuesta es lograr para el año 2015 que todos los niños en edad escolar puedan terminar un ciclo completo de enseñanza primaria.

Quienes elaboraron este informe, plantearon la importancia del papel que desempeñan los profesores, ya que, ellos son los protagonistas de impartir y asegurar una educación de calidad, así que, están conscientes de la necesidad de invertir en su formación docente. Relacionado con este tema, en el informe se registra lo siguiente:

Procurar que las políticas de educación aborden el tema docente en sus múltiples dimensiones (condiciones de trabajo, salud, formación, evaluación, carrera) centrándose en la importancia de estos para el aprendizaje de los alumnos. Se identifica la necesidad de revalorar la función docente, sobre todo en su papel clave en lo referente a la calidad del aprendizaje y el diseño de políticas (Organización de las Naciones Unidas, 2005, pág. 108)





Desde siglos atrás ha existido interés en mejorar la calidad de la educación, producto de ello fue la creación de las primeras escuelas normalistas que surgen en Alemania en el siglo XVIII. Con las escuelas normales se logra reclutar a un grupo determinado de personas interesadas en recibir formación específica para ejercer como docentes. Asociado a ello surge la necesidad de crear y aplicar programas de formación de profesores. La situación referida se mantiene en la actualidad.

A partir de los años sesenta, varios investigadores como (Ernest, 1989a, págs. 249-254) (Gage, 1978) (Shulman, 1987, págs. 1-22) pusieron especial interés por la actuación del profesor con el fin de descubrir qué factores influirían en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, y una vez identificados poder mejorarlos. En sus estudios consideraban al menos una variable relacionada con la actuación de los profesores, surgiendo un nuevo campo de investigación al cual nos referimos a continuación.

El término *complexe* surgió en el siglo XIV en la lengua francesa a partir del latín *complexus* (palabra que resulta de la conjunción de *cum* y de *plecti*, *plexi*, *plectere*, *plexum*) y se utilizaba con los significados de enrollar los cabellos (rizar, trenzar), entrelazar, tejer, enlazar, abrazar, contener una cosa dentro de otra.

En su origen, el verbo *plectere* remite al trabajo del cesterero que trenza ramitas en forma de un círculo en el que el principio y el final (*arché* y *télos*) no se distinguen, Weinmann indica en (Ruiz, Esteban y Solana, José, 2013). El prefijo *com-* añade a *plectere* el sentido de una dualidad en la que a dos elementos se enlazan íntimamente, pero sin anular la dualidad. *Complectere* se utilizaba tanto para referirse al combate entre dos contendientes como al entrelazamiento de dos amantes.

En el siglo XVI, *complexe* fue retomado como adjetivo para calificar lo compuesto por diversos elementos heterogéneos que mantienen entre sí numerosas y diversas relaciones y que, por ello, resultan difíciles de captar, de aprehender. Se habló, así, con este significado, de una personalidad, una sociedad, un sentimiento y un pensamiento complejo (*complexes*).

El sustantivo *complexité* apareció a mediados del siglo XVIII, para referirse a algo juzgado como complejo generalmente en contraposición a algo valorado como no complejo. A mediados del siglo XVI hasta inicios del siglo XX, el calificativo *complexe* se introduce y utiliza en varios ámbitos científicos de las ciencias duras como (lingüística, semiótica, matemáticas, música, psicología, química, biología, geometría, economía, medicina).

De acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española, (RAE, 2024) el significado del término *complejidad* es remitido a los significados *complejo*, pues la *complejidad* se define como cualidad de *complejo*. El término "*complejo*" tiene tres significados principales:

- Compuesto de elementos diversos.
- Complicado: enredado, arduo, compuesto de un gran número de piezas.
- Conjunto o unión de dos o más cosas.

Durante la investigación se pudo distinguir varias corrientes en el desarrollo histórico de la teoría de la complejidad, a continuación, se presenta un resumen sucinto.

- Hebert A. Simon distingue tres etapas análogas con la complejidad y los sistemas complejos, en cada una de estas se ha puesto la atención en distintos aspectos de lo complejo. (Becerra, 2020).
- Un primer brote se originó tras la Primera Guerra Mundial, puso el acento en la idea de que el todo trasciende la suma de las partes, tuvo un marcado carácter antirreduccionista y reivindicó el holismo.





- Un segundo brote, surgido tras la Segunda Guerra Mundial, estuvo vinculado a la cibernética y a la teoría de los sistemas generales.
- Un tercer brote, vigente en la actualidad, en el que aparecen nuevas ideas, conceptos y herramientas para pensar y abordar la complejidad y los sistemas complejos, tales como la teoría del caos, la teoría de las catástrofes, los sistemas complejos adaptativos, los algoritmos genéticos y los autómatas celulares.

“La complejidad que se aborda, estudia y aplica en la presente investigación es la propuesta por el sociólogo y antropólogo francés. Estudiante de la crisis interna del individuo, ha abordado la comprensión del “individuo sociológico” a través de lo que él llama una “investigación multidimensional”, es decir, utilizando los recursos de la sociología empírica y de la observación comprensiva. Fuertemente crítico con los mass-media, ha analizado asimismo los fenómenos de propagación de la opinión”. (Biografía, 2024).

El carácter integrador que propone Morin expresa de una forma u otra en toda su obra escrita, una vasta obra que incluye un número considerable de libros, artículos y textos otros, también numerosos, en este trabajo se seleccionó la obra “El Método”, misma que está constituida por seis tomos, adicionalmente con “Los siete saberes necesarios para la educación del futuro”. Se seleccionó estas obras por la esencia integradora de las ideas que plantea, estas brindan varias posibilidades para reflexionar el contexto que se está analizando y de esta forma plantear las bases teóricas necesarias, así como en la formación universitaria.

La revelación del espíritu integrador del pensamiento de Edgar Morin no en sí lo más valioso de este trabajo, El pensamiento propuesto de Morin enfatiza la importancia en la vida humana y para el desarrollo de la humanidad es necesario proponer actitudes para proponer un cambio.

Edgar Morin, por primera vez hace referencia de ese término en la tercera parte de su libro Ciencia con consciencia (1982), el cual titula “Por un pensamiento complejo”. Anteriormente, Morin propuso un pensamiento completamente opuesto a la teoría general de sistemas, esta puede ser revisada en el primer tomo de su obra El Método (1977) y había desarrollado el foque de la complejidad, a partir del concepto de autoorganización (1982).

Para poder realizar una descripción breve y lo más concisa posible sobre la complejidad y sus “variaciones” entre pensamiento complejo y ciencias de la complejidad nos apoyaremos en la obra de (Luengo, 2018) “Las vertientes de la complejidad: Pensamiento Sistémico, Ciencias de la Complejidad, Pensamiento Complejo, Paradigma Ecológico y Enfoques Holistas”

Al surgir las ciencias de la complejidad, se presenta el debate entre esta nueva versión de la ciencia y el pensamiento complejo. Morin presenta su postura entre ambos enfoques en una conferencia publicada en 26 de junio de 2005 (Morin, 2005), realizando la diferencia sustantiva entre la complejidad restringida y la complejidad general o generalizada. Hay otros autores, como (Byrne, 2009) que denomina a estas dos posturas como complejidad simple y complejidad compleja, sin embargo, el autor reconoce que es más apropiada la propia terminología de Morin. La distinción entre estos dos enfoques de la complejidad implícitamente el que existen diversas fuentes de la complejidad y no una teoría o paradigma unificado de la complejidad.

La complejidad restringida la identifica Morin con las ciencias de la complejidad o ciencias de los sistemas complejos. Es una perspectiva con un abordaje básicamente



metodológico que utiliza lenguajes formales, modelos matemáticos y simulaciones computacionales aplicados al estudio y solución de problemas complejos ambientales, sociales que pueden ser aplicados sin ningún inconveniente en el área de la Ingeniería, donde podemos sugerir que la complejidad puede ser el resultado de las múltiples interacciones concentradas o reunidas en una síntesis.

La Teoría de la Complejidad propuesta por Morín, a modo de tejido de eventos, acciones e interacciones, distribuye la atención a los "sistemas complejos" que deberán ser; entendidos como características y cualidades:

- Heterogeneidad de partes.
- Interacciones no lineales
- Interacción entre ellas (incluye su carácter contradictorio).
- Carácter multidimensional y multirreferencial.
- Presentan comúnmente numerosas variables valorables.
- Ofrecen una información que por sí misma, revela la medida de su complejidad
- Sucesos múltiples e interdependientes que usualmente manifiestan consecuencias no previsibles, no lineales y frecuentemente asimétricas.
- Bajo una aparente estática o simpleza, se ocultan frecuentemente la verdadera dinámica de dichos procesos, y las interacciones entre sus partes.
- Influidos por factores y circunstancias imprevistas.

Primeros acercamientos de la complejidad en la educación

En el inicio del campo de investigación conocido como paradigma del pensamiento del profesor destaca la obra de (Jackson, 1968) quien establece las bases conceptuales de posteriores investigaciones. Una de sus aportaciones fue establecer que las decisiones de los docentes, dentro de la sala de clase, responden a impulsos y sentimientos, producto de la complejidad de la vida en el aula.

Los estudios de esa época aportaron muy pocos resultados empíricos, lo que provocó que los investigadores volcaran su interés en la relación existente entre la actuación del profesor y su influencia en el aprendizaje del alumno (Shulman L. S., 1986a, pág. 14). Posteriormente se realizaron diversos estudios con la finalidad de identificar qué conductas docentes provocaban mayor y mejor rendimiento en los alumnos

La enseñanza y aprendizaje constituyen de hecho una unidad dialéctica con procesos simultáneos que de ninguna manera pueden realizarse de manera aislada, los efectos de reajustar, reorientar y regular la enseñanza para el logro de las finalidades de formación, a partir de obtener constantemente informaciones que han de ser relevantes y suficientes para poder emitir un juicio fundamentado acerca de los méritos o insuficiencias dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje (Foronda, José y Foronda, Zubieta, 2007).

Consecuentemente, los procesos de enseñanza así como los procesos de evaluación dependen del aprendizaje (Álvarez Méndez, 2000). De hecho, algunos autores como (Foronda, José y Foronda, Zubieta, 2007) citan a Morin indicando que la evaluación "... se preocupa fundamentalmente por estudiar el proceso de aprendizaje en su totalidad contemplando el conjunto de factores que intervienen en su desarrollo".

De acuerdo con (Castellanos, 2006, pág. 12) "aprender (...) representa uno de los fenómenos más complejos de nuestra existencia. Se trata de un proceso dialéctico de





cambio, a través del cual cada persona se apropia de la cultura socialmente construida, y tiene una naturaleza multiforme, diversa".

La propuesta de (Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez, A., 1992) valora la importancia de comprender el aprendizaje humano, la naturaleza de la actividad docente del aula y del centro, y la responsabilidad misma que tiene el maestro en su desempeño pedagógico en la transformación de la enseñanza y en su función educativa.

Los profesores universitarios aceptan lo que se mencionó, no es plausible que la aceptación es consiente y se falta de comprensión suficiente acerca de la complejidad del proceso educativo en sí mismo, y al aprendizaje en particular, de cómo ocurre este último, y qué teorías y enfoques brindan los argumentos científicos necesarios para lograr su mejor conducción, desarrollo y evaluación.

Es necesario en principio, superar el supuesto de "lo sabemos todo o casi todo" dado la larga experiencia profesional pedagógica acumulada. Este supuesto, conlleva muchas veces, a una cierta estática de la práctica docente y a una marcada tendencia de simplificar ilegítimamente, procesos y fenómenos que son complicados por su propia naturaleza y por numerosos factores influyentes sobre ellos.

"Investigaciones realizadas al respecto, permite afirmar que en buena medida ello se debe a un estudio insuficiente, a la falta de actualización y a una escasa problematización con relación al objeto de la enseñanza y de la evaluación: el aprendizaje (Colectivo de autores, 1993, Fariñas, 2005, y otras). Habitualmente se olvida que ciertamente, "... todo conocimiento necesita hoy reflexionarse, reconocerse, situarse, problematizarse..." (Morín, 2000: 5).

Estas consideraciones fueron tomadas en cuenta para aplicarse en el aprendizaje humano, donde se ahondó con algunos conceptos, teorías y enfoques.

5.1 Definiendo Complejidad

La palabra complejidad tienen origen latino, proviene de "complectere", cuya raíz "plectere" significa trenzar, enlazar. Poseen objetos, fenómenos y procesos que, por su naturaleza, admiten limitaciones de comprensión. Estas restricciones pueden ser de dos tipos:

- Limitaciones objetivas
- Limitaciones subjetivas

Desde hace varios años atrás el enfoque de la complejidad se puede sustentar en antecedentes históricos y científicos tales como:

- El Principio de Incertidumbre o Indeterminación, por el cual Werner Heisenberg obtuvo el Premio Nobel de Física en 1932 (BBC NEWS, 2024)
- La Teoría de la Relatividad de Albert Einstein junto a otras teorías como: la general de sistema, la del caos, y la de fractales, entre otras; extrapolándose en cierta medida y con diferentes matices y utilidades a otros campos del saber. (Geographic, 2024)

Los sistemas complejos pueden ser considerados como objetos, fenómenos y procesos determinados; entendidos como aquellos que presentan las características, las cualidades o particularidades siguientes:

- Heterogeneidad de las partes.
- Interacciones no lineales





- Carácter contradictorio.
- Carácter multidimensional y multirreferencial.
- Presentan comúnmente numerosas variables valorables.
- Bajo una aparente estática o simpleza, se ocultan frecuentemente la verdadera dinámica de dichos procesos, y las interacciones entre sus partes.
- Factores y circunstancias imprevistas, que pueden incidir propiciar o provocar un cambio en su comportamiento y los resultados previstos, alterándolo todo o variándolos significativamente.

Este hecho permite percibir, que la complejidad se sustenta en bases científicas, y refuta todo modo simplificador de emprender el estudio del aprendizaje y la enseñanza, así como también la evaluación; procesos estos que clasifican como complejos, lo que la transforma en una herramienta metodológica para poder asumir posturas y procedimientos correctamente sustentados.

Existen distintos argumentos y consideraciones que justamente, demuestran la complejidad del aprendizaje y la utilidad de dicha teoría. Veamos algunas.

El aprendizaje humano, es el camino que cada persona recorre de acuerdo a sus propias capacidades, las experiencias y habilidades que adquieren a través de la acción e interacción con el medio y estos van conformando progresivamente el desarrollo de su personalidad.

Actualmente se observa que los espacios del cálculo diferencial de primer semestre de universidad en las carreras de ingeniería se tienen mayores índices de reprobación, en una primera entrevista que posteriormente se aplicará un instrumento para recoger la percepción de los estudiantes, se pudo evidenciar los siguientes factores que afectan el desempeño de los estudiantes:

- Falencias en los métodos de enseñanza/aprendizaje.
- Baja motivación por las dinámicas de clase.
- Baja dedicación a las actividades propuestas en las clases y dificultad con los conocimientos previos.

Revisando la literatura a este respecto se pudo evidenciar varias discusiones, como el caso presentado por (Mora, 2009); donde se resalta la creación del Comité de Ciencias Matemáticas el cual reconoció la necesidad de mejorar la enseñanza de las matemáticas en los programas de pregrado. Este estamento identifica las principales debilidades de los currículos asociados al área de las matemáticas y de la forma como esta temática es enseñada. Se hace énfasis en la invitación a los miembros de las facultades de matemáticas a involucrarse en los procesos de enseñanza-aprendizaje de forma creativa, así como la incorporación en procesos de investigación para la generación de nuevo conocimiento.

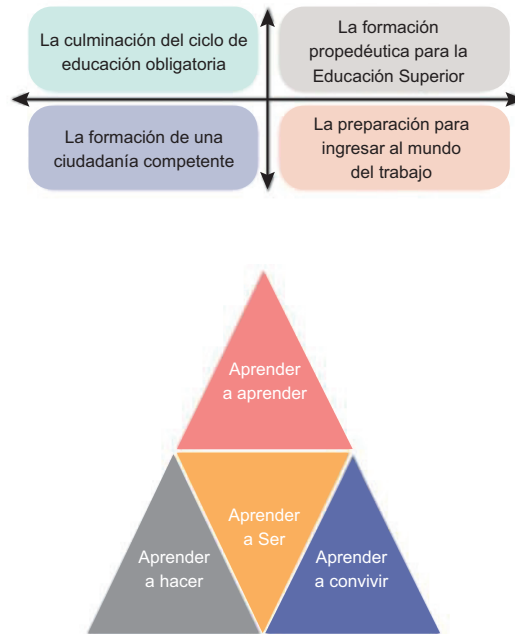
(Reimers M, Fernando y Chung K., Connie, 2016) indican que en la sociedad existe la percepción de que la educación es cada vez más importante para el desarrollo de las personas y de las sociedades. Con base en una encuesta internacional referida en el estudio publicado en su libro del 2016 "Enseñanza y aprendizaje en el siglo XXI. Metas, políticas educativas y currículo en seis países", un porcentaje mayor de las economías en desarrollo, comparadas con las ya desarrolladas, considera que una buena educación.

La concreción de todas las apreciaciones de la educación es importante tomar en cuenta la pertinencia en el conocimiento de los estudiantes. Por todo ello la educación propone



el aprendizaje de los estudiantes orientados hacia los objetivos institucionales e impulsa el logro de las cuatro funciones y los cuatro propósitos de este nivel educativo:

Figura #1: Propósitos de la Educación Superior



Nota: Elaboración propia

(Lizcano-Dallos, 2013) En su recopilación de proyectos asociados a la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, discutiendo buenas y malas prácticas de los diferentes actores del proceso educativo. Entre los aspectos de mayor relevancia encontrados se resaltan:

- Frecuentemente ocurre la pérdida del significado de las matemáticas y la aplicación en contexto. Se observa que gran cantidad de estudiantes consideran a las matemáticas como un proceso que se limita a la memorización.
- La linealidad y la formalidad asociada con la enseñanza de matemáticas se obtienen de los esquemas de los libros de texto y tienden a reproducir la aceptación pasiva de las matemáticas desde lo abstracto. En este tipo de procesos de pensamiento existe muy poca relación entre las actividades trabajadas y la vida diaria del estudiante. Los estudiantes aceptan la naturaleza de las matemáticas en términos correctos o incorrectos y su principal preocupación consiste en corregir las matemáticas que están incorrectas.
- Los estudiantes que abordan las soluciones de problemas matemáticos en equipos de trabajo presentan comportamientos y desarrollos de pensamiento con alta similitud a la que logran los expertos del área. Se resaltan en las conclusiones de los trabajos de investigación sobre aprendizaje cooperativo que se observan diferencias estadísticas positivas con respecto a actitudes, habilidades y comprensión de conceptos.
- El uso de ambientes basados en herramientas computacionales impacta en las actitudes de los estudiantes y la respuesta afectiva a la enseñanza de la matemática. El uso de herramientas computacionales también facilita los procesos de realimentación y autoevaluación; gracias a su dinámica y posibilidad de respuesta inmediata.



En este orden de ideas, se revisa como las herramientas TIC computacionales pueden contribuir al mejoramiento de desempeño académico, motivación para el aprendizaje y en general el cumplimiento de las metas propuestas por estudiantes y docentes en el área de matemáticas.

Es desde esta perspectiva que se verificaron diferentes estrategias pedagógicas y didácticas para mejorar el proceso de la formación en matemáticas, inicialmente se presentan dos elementos didácticos de ayuda a los docentes en el área de las matemáticas.

- "Gamificación: Afirma que el objetivo principal de la gamificación es influir de manera oportuna y asertiva en el comportamiento de los participantes, esto es sin considerar efectos colaterales como el disfrute y entretenimiento de las personas durante la actividad. Sin embargo, esta metodología aún no se encuentra diseminada en todos los centros universitarios donde es importante que se promueva y se difunda debido a la efectividad que se ha experimentado". (Rincón Flores, 2020)
- (Chen, M.P. y L.C. Wang,, 2009) "indican que el aprendizaje basado en juegos generalmente se considera como un medio eficaz para permitir que los alumnos construyan conocimiento jugando, mantengan una mayor motivación y apliquen el conocimiento adquirido para resolver problemas de la vida real. Por lo tanto, el aprendizaje basado en juegos se convierte en un método prometedor para proporcionar situaciones de aprendizaje altamente motivadoras a los estudiantes. A través de una combinación de juegos, resolución de problemas, aprendizaje situado y desafíos, el aprendizaje basado en juegos puede ayudar a los estudiantes a construir conocimiento desde la ambigüedad, la complejidad, la prueba y el error".

De acuerdo a la investigación que se viene realizando se procede a examinar algunos principios que, de acuerdo a la teoría de la complejidad, rigen el aprendizaje:

- La naturaleza múltiple y diversa de lo estudiado: De acuerdo a contenidos (Castellanos, 2006) y (Castellanos D. 1999) cada persona es en sí misma, un única, donde el aspecto biológico, psicológico y social se conforman en un todo. El objeto de estudio es como los estudiantes tienen aprendizajes múltiples y diversos. Donde cada persona se apropia de su cultura socialmente construida, la misma que se expresa en la diversidad de sus propios. Así, el aprendizaje humano no puede ser ponderado, medido o controlado de forma absoluta, como hacemos con otros fenómenos o procesos que están menos influidos por el medio externo, por sus interrelaciones y que son ajenos a la naturaleza humana.
- La configuración de elementos disímiles y contradictorios: Según (González Pérez, 2000) "Guarda relación con el carácter individual, irrepitable y dialéctico que tiene el desarrollo de la personalidad de cada quién, y el propio proceso de enseñanza-aprendizaje que lo involucra. La riqueza de perspectivas muchas veces antagónicas y otras complementarias al abordar el aprendizaje, así como la ausencia de una teoría unificadora, guardan estrecha relación con el abanico de preceptos teóricos, de posturas e interpretaciones que, de acuerdo a distintas filosofías, ideologías y metodologías asumidas se hacen con respecto al desarrollo humano y al proceso de construcción del conocimiento."
- La presencia de lo imprevisto: De acuerdo al análisis de la realidad y por ende de la complejidad que la rodea se tiene el manifestación de lo imprevisto, tanto al desarrollo de la investigación, como a los procesos de aprendizaje.
- Una concepción abierta de la relación sujeto-objeto: lo cual indica el estudio en el marco del ecosistema en el que se encuentran ambos y la interdependencia entre lo individual y lo social: He aquí un importante nodo articulador de dicha teoría con el Enfoque Histórico-Cultural".





Se puede apreciar que el aprendizaje no sólo es un fruto del pensamiento humano, se constituye también una experiencia individual y colectiva compartida, modificada y mejorada sistemáticamente a través del aprendizaje mismo.

(Rubinstein, 1982, pág. 133) Plantea que "el individuo en cada actividad mental desarrolla un conjunto de operaciones, al estar estas en un orden determinado conforman la acción misma. Los componentes participan solo como operaciones parciales intelectuales de los individuos y se distinguen esencialmente por la facultad de relacionar varias operaciones parciales con acciones complejas".

Para (Solís Vargas, 2022) Morin plantea que la ciencia no debería mutilar la realidad reduciendo y analizando unilateralmente una parte de ella a partir de un solo campo de investigación, sino que tiene que valorarla desde múltiples campos de especialización (multidisciplinariedad), sobre la base del aporte articulado de estos campos (transdisciplinariedad). Se debe sustituir al paradigma de la disyunción, reducción y unidimensionalización por el de la distinción/conjunción/multidimensionalización que permita asociar (o crear relaciones) y distinguir sin desarticular (el objeto del sujeto) y sin reducir la realidad.

Desde finales del siglo XX, se habla en Europa de la complejidad; sin embargo, no solo existe una concepción de esta, pues hay varias versiones del sentido de esta complejidad que representan una familia dentro del cual la complejidad desde la propuesta de Edgar Morin, es parte de otras concepciones, tales como:

- David Bohm, complejidad cuántica
- Iliya Prigogine, sistemas caóticos
- Niklas Luhmann, complejidad de los sistemas
- Humberto Maturana, complejidades circulares
- Fritjof Capra, paradigma ecológico

VI. CONCLUSIONES

- El aprendizaje humano es un proceso complejo; en tanto, debe ser más estudiado, y asumido consecuentemente en la enseñanza y la evaluación.
- El hecho de que no se disponga hasta el momento de una teoría unificadora sobre el modo en qué ocurre los aprendizajes intelectuales, no anula o resta sin embargo valor a las ya existentes, como tampoco justifica la ilegítima separación o fraccionamiento de que es objeto el aprendizaje humano.
- El pensamiento de Edgar Morin es impulsado por el interés de sembrar en la humanidad la preferencia a pensar a través de relaciones y dejar de lado la división y el reduccionismo.
- La gamificación siendo una técnica de motivación ayuda a reforzar los conocimientos del estudiante en el área de las matemáticas, coadyuva a desarrollar habilidades como la resolución de problemas y el trabajo colaborativo, de tal manera que el estudiante aprende de manera divertida.
- El diseño instruccional permite identificar los aprendizajes de los alumnos participantes, relacionados con elementos motivacionales-actitudinales y procesos de aprender a aprender.





VII. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Méndez, J. (2000). *Evaluar para conocer, examinar para excluir*. Madrid: MORATA.
- Becerra, G. (2020). La teoría de los sistemas complejos y la teoría de los sistemas sociales en las controversias de la complejidad. *CONVERGENCIA*, <https://www.redalyc.org/journal/105/10562755007/html/>.
- Biografía, V. (5 de enero de 2024). biografías y vidas La enciclopedia Biográfica en línea. Obtenido de <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/m/morin.htm>
- Byrne, D. (2009). Working within a complexity frame of reference. The potential of "integrated methods" for understanding transformation in complex social systems. *cfsc Consortium's paper*.
- Castellanos, D. (1999). *La comprensión de los procesos de aprendizaje: apuntes para un marco conceptual*. La Habana: Centro de Estudios Educativos. Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona.
- Castellanos, S. D. (2006). *Para comprender el aprendizaje*. Cuba.
- Chen, M.P. y L.C. Wang, . (2009). The Effects of Type of Interactivity in Experiential Game-Based Learning; In *Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development*. Berlin: Springer.
- Ernest, P. (1989a). The impact of beliefs on the teaching of mathematics. *Mathematics Teaching: the state of the art*.
- Foronda, José y Foronda, Zubieta . (2007). La evaluación en el proceso de aprendizaje. *PERSPECTIVAS*, 1-17.
- Gage, N. L. (1978). *The scientific basis of the art of teaching*. New York: New York: Teachers College Press, Columbia University.
- Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez, A. (1992). *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: MORATA.
- González Pérez, M. (2000). *La evaluación del aprendizaje en la enseñanza universitaria*. Cuba: Editorial de la Universidad de Matanzas.
- Jackson, P. (1968). *La vida en las aulas*. Madrid: Marova.
- Lizcano-Dallos, A. (2013). *Estudio de la dinámica de la cooperación en el aprendizaje de la matemática a través de la solución colaborativa de casos*. Bucaramanga - Colombia: Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Luengo, E. G. (2018). *Las vertientes de la complejidad*. Guadalajara - Mexico: ITESO.
- Mora, D. (2009). *Didáctica de las matemáticas desde una perspectiva crítica, investigativa, colaborativa y transformadora*. La Paz: Instituto Internacional de Integración.
- Morin, E. (2005). *Complexité restreinte, complexité générale. Coloquio Intelligence de la Complexité: épistémologie et pragmatique*.
- Organización de las Naciones Unidas, O. (2005). *Objetivos de Desarrollo del Milenio. Una mirada desde América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.
- RAE. (11 de 01 de 2024). *Real Academia Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/complejidad>
- Reimers M, Fernando. y Chung K, Connie. (2016). *Enseñanza y aprendizaje en el siglo XXI*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica .
- Rincón Flores, E. (2020). *Gamificación en la educación superior en la Universidad de Lima*. Lima: Universidad de Lima, Fondo Editorial .
- Rubinstein, J. L. (1982). *Principios de la Psicología General*. La Habana: Editorial Pueblo y educación.
- Ruiz, Esteban y Solana, José. (2013). *Complejidad y Ciencias Sociales*. Sevilla: Universidad Internacional de andalucía UNIA.
- Shulman, L. S. (1986a). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*.
- Shulman, L. S. (1987). *Knowledge and teaching: foundations of the new reform*. Cambridge: Harvard Educational Research,.
- Solís Vargas, Y. G. (2022). *El paradigma de la complejidad en la gestión educativa de una escuela pública del cantón de Belén de Heredia*. *Ensayos Pedagógicos*.

