

10

EL LABORATORIO

**COMPUTACIONAL MATEMÁTICO, COMO COMPLEMENTO
PARA PROMOVER EL APRENDIZAJE DEL CÁLCULO
DIFERENCIAL**

EL LABORATORIO

COMPUTACIONAL MATEMÁTICO, COMO COMPLEMENTO PARA PROMOVER EL APRENDIZAJE DEL CÁLCULO DIFERENCIAL

THE MATHEMATICAL COMPUTATIONAL LABORATORY, AS A COMPLEMENT TO PROMOTE THE LEARNING OF DIFFERENTIAL CALCULUS

Bladimir Homero Serrano Rugel¹

E-mail: bserrano@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6859-5563>

Víctor Javier Garzón Montealegre¹

E-mail: vgarzon@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4838-4202>

Alexis González Macas¹

E-mail: agonzalez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8192-5934>

Abrahan Rodolfo Cervantes Alava¹

E-mail: acervantes@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6223-8661>

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Serrano Rugel, B. H., Garzón Montealegre, V. J., González Macas, A., Cervantes Alava, A. R. (2020). El laboratorio computacional matemático, como complemento para promover el aprendizaje del cálculo diferencial. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2), 81-89.

RESUMEN

Este trabajo fue desarrollado a través de un diseño experimental de tipo comparativo, utilizando dos grupos uno experimental y otro de control, teniendo como unidades experimentales a los estudiantes del segundo Semestre de la carrera de Ingeniería Acuícola de la Universidad Técnica de Machala, de los periodos académicos D1 y D2 del año lectivo 2017-2018, al grupo experimental se le dictó la asignatura utilizando el método constructivista por considerar los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes complementándolo con la prácticas de laboratorio computacional matemático, con los resultados fue posible contrastar la hipótesis de que la enseñanza del cálculo diferencial, practicada de forma sistemática y complementada con herramientas de computacionales, es capaz de promover aprendizaje significativo en sus estudiantes.

Palabras clave:

Método constructivista, Laboratorio computacional matemático, diseño experimental.

ABSTRACT

This study was developed through a comparative experimental design, using two groups, the first one the experimental group and the second one the control group, having as experimental units the students of the second semester of the career "Ingeniería Acuícola" of the Universidad Técnica de Machala of the academic periods D1 and D2 of the school year 2017-2018. The course was taught to the experimental group using the "constructivist method" considering the different learning styles of the students and complementing it with the mathematical computational laboratory practices. With the results it was possible to contrast the hypothesis that the teaching of differential calculus, practiced systematically and complemented with computational tools is able to promote significant learning to its students.

Key words:

Constructivist method, mathematical computational laboratory, experimental design.

INTRODUCCIÓN

Uno de los retos que debemos enfrentar los docentes del Cálculo Diferencial, es el de obtener resultados de aprendizaje significativo de parte de nuestros estudiantes, responsablemente día tras día tratamos de buscarla la perfección a la hora de dictar nuestra asignatura, pero esto, debido a variantes como las técnicas y métodos empleados en la enseñanza aprendizaje y además la parte actitudinal de los estudiantes al momento de enfrentar los retos que presenta esta emocionante asignatura, hacen que la perfección como tal sea difícil de alcanzar, la enseñanza del cálculo constituye uno de los mayores desafíos de la educación actual, ya que su aprendizaje trae aparejado numerosas dificultades relacionadas con un pensamiento de orden superior en el que se encuentran implicados procesos como la abstracción, el análisis, la demostración (Vrancken, et al., 2006).

"La asignatura del Cálculo Diferencial e Integral, llevada en los primeros semestres de todas las carreras de ingeniería, históricamente ha representado dificultades como: alto índice de desaprobados, grupos de arrastre y deserción". (Reyes Andrade & Pérez Vence, 2016, p.1)

Históricamente, se puede comprobar que la mayoría de los estudiantes que fracasan en el estudio de las matemáticas, tienen impregnada en su mente la idea, de que la matemática es complicada y difícil de asimilar, esta idea errada acarrea consigo una postura negativa de los estudiantes en el aprendizaje de la asignatura.

En un estudio realizado a 300 estudiantes, en dos planteles de la Escuela Preparatoria de la Universidad Autónoma del Estado de México realizado por Castañeda & Álvarez (2004), pudieron establecer, la existencia de una relación entre la reprobación en matemáticas y la actitud de los estudiantes hacia esta asignatura.

Otro punto importante que hay que considerar en el fracaso de los estudiantes, es su pobre formación en la asignatura, En un estudio realizado por Iglesias-Domecq, Alonso-Berenguer & Gorina-Sánchez (2017), en la Universidad de Oriente, en todas las asignaturas de matemáticas de la carrera de Ingeniería Civil, en Santiago de Cuba, se determinó que los estudiantes presentan insuficiencias en el dominio de contenidos y empleo de estrategias heurísticas y meta cognitivas, además el estudio identificó que los porcentajes más bajos de promoción lo presentaron las asignaturas de Cálculo diferencial e Integral.

La metodología aplicada en la enseñanza aprendizaje de las matemáticas por parte de los docentes tiene cierto grado de responsabilidad en las actitudes que muestran ciertos estudiantes por las

matemáticas, ya que todavía existen en las aulas docentes que no utilizan el contexto para dar sentido al estudio de las Matemáticas y además el uso de la tecnología en la enseñanza-aprendizaje es una utopía.

El esfuerzo de los investigadores y didactas va transitando hacia un enfoque moderno de enseñanza del Cálculo Diferencial e Integral, que parta de una perspectiva integral, que redefina las habilidades a formar y considere aspectos como la formación con base en competencias, que conlleve integrar disciplinas, conocimientos, habilidades, prácticas y valores (Iglesias-Domecq, et al, 2017)

Los resultados del proceso de enseñanza aprendizaje del cálculo diferencial, en los primeros ciclos de la Carrera de Ingeniería Acuícola de la UTMACH, no son la excepción, ya que el 80 % de los estudiantes no alcanzan la calificación mínima requerida para ser promovidos de forma directa al curso inmediato superior.

La educación moderna exige la incorporación de métodos modernos de enseñanza aprendizaje, la relación que existe entre el pensamiento lógico matemático y el razonamiento computacional nos brindan la posibilidad de pensar en métodos de enseñanza aprendizaje de las matemáticas que fusionen estos dos tipos de razonamiento y de alguna forma cambiar las estadísticas de los resultados de la enseñanza de las matemáticas a nivel local y mundial.

Un sistema de Álgebra computacional es un tipo de paquete de software que se usa en la manipulación de fórmulas matemáticas. El objetivo principal de un sistema de álgebra computarizada es automatizar tareas de manipulación algebraica tediosas y a veces difíciles. La principal diferencia entre un sistema de álgebra computarizada y una calculadora tradicional es la capacidad de tratar las ecuaciones de forma simbólica en lugar de numérica. Los usos y capacidades específicos de estos sistemas varían mucho de un sistema a otro, pero el objetivo sigue siendo el mismo: la manipulación de ecuaciones simbólicas. Los sistemas de álgebra computarizada a menudo incluyen facilidades para graficar ecuaciones y proporcionan un lenguaje de programación para que el usuario defina sus propios procedimientos.

Más de 300 matemáticos de instituciones postsecundarias en todo Canadá participaron en una encuesta en línea sobre el uso de las CAS, los resultados mostraron que un número considerable de matemáticos canadienses usan CAS y otras tecnologías digitales en su investigación y en la enseñanza de las matemáticas (Jarvis, Lavicza & Buteau 2014).

Los matemáticos creen que CAS se están convirtiendo en una parte integral del conocimiento matemático contemporáneo, la integración de CAS en la enseñanza de las matemáticas parece seguir siendo una iniciativa

predominantemente individual, con raros ejemplos de integración que tiene lugar en los departamentos de matemáticas (Tabla 1) en Canadá (Jarvis, et al., 2014).

Tabla 1. Los Software marcados con asterisco son de uso comercial, los demás son de código abierto.

Software	Año de Lanzamiento	Aplicación
Mathematica*	1998	Propósito General CAS
Maple*	1985	Propósito General CAS
MuPAD*	1993	Propósito General CAS
MatLab*	1970	Propósito General CAS
MathCAD*	1985	Propósito General CAS
Magma*	1993	Geometría Aritmética y Teoría de Números
SciLab	1994	Propósito General CAS
Maxima	1998	Propósito General CAS
YACAS	1999	Propósito General CAS
SAGE	2005	Experimentación Álgebra y Geometría
Macaulay2	1995	Propósito General CAS
GAP	1986	Propósito General CAS
GP/PARI	1985	Propósito General CAS
Kash/Kant	2005	Álgebra y Teoría de Números
Octave	1993	Cálculo Numérico
Singular	1997	Álgebra conmutativa, geometría algebraica
CoCoA	1995	Cálculo polinomial
Gnuplot	1986	Software de trazado
Dynamic Solver	2002	Ecuaciones diferenciales
R	1993	Cálculo estadístico
Python	1991	Cálculo simbólico y numérico (Paquetes ALGLIB y SymPy)
Wolfram Alpha*	2009	Cálculo numérico, simbólico, etc.

Fuente: Kumar & Kumaresan (2008).

La codificación desarrolla el pensamiento computacional y habilidades como la resolución de problemas, el reconocimiento de patrones, la descomposición del problema y la abstracción para crear modelos, el diseño de algoritmos y el análisis y la visualización de datos (Hobenshield Tepylo & Floyd, 2018).

Elegir una variedad de contextos de problemas ricos e interesantes es importante para construir las matemáticas a través de la programación. Al ayudar a los estudiantes a resolver problemas complejos, enfocamos explícitamente la atención de los estudiantes en los conceptos matemáticos dentro de los comandos de programación (Hobenshield Tepylo & Floyd, 2018).

Enseñar matemáticas con programación de computadoras, ya sea como parte de un curso de matemática estándar o como una materia optativa, puede darle a los conceptos matemáticos contexto y relevancia al mismo tiempo que requieren la misma cantidad de rigor que la instrucción tradicional de matemáticas (Cheng, 2016).

El siguiente ejercicio pide a los alumnos que escriban un programa de computadora para resolver un problema algebraico: **Escriba un programa para una tienda de yogur para procesar la venta de yogurt congelado. El precio de venta del yogurt congelado es de \$ 0.39 por onza. El impuesto a las ventas es del 8.25 por ciento.**

En un aula tradicional de matemáticas, esto hubiera sido un desafío más simple, pidiéndole al alumno que calcule

solo el costo de una cantidad específica de yogur. Pero al integrar la programación de computadoras, podemos aumentar las habilidades de pensamiento lógico y crítico de los estudiantes al desarrollar su capacidad para identificar componentes variables de forma abstracta, prestar atención a la precisión de números enteros y decimales en un programa, desarrollar un modelo matemático y crear algoritmos con patrones. Los estudiantes también aprenden a criticar el razonamiento de los demás y a ayudarse mutuamente durante el desarrollo del programa para el aprendizaje colaborativo (Cheng, 2016).

Enseñar matemáticas con programación informática presenta una oportunidad sin precedentes para mejorar el éxito de todos los estudiantes, independientemente de su raza, género, origen familiar, ingresos o ubicación geográfica. El pensamiento algebraico y computacional puede reforzarse mutuamente. Es una forma rentable de cerrar la brecha en el rendimiento matemático y, al mismo tiempo, proporcionar educación en ciencias de la computación para todos los estudiantes (Cheng, 2016).

El pensamiento computacional ofrece nuevos enfoques para la resolución de problemas matemáticos y amplía el rango de las matemáticas con los que los estudiantes pueden participar (Hobenshield Tepylo & Floyd, 2018).

El pensamiento computacional puede tomar varias formas, puede ser una programación de computadora basada en pantalla, puede usarse para controlar circuitos digitales y robots y en general puede ser el diseño de soluciones algorítmicas que pueden ser ejecutados por una computadora.

Mediante el uso de problemas abundantes, donde los estudiantes requieren comandos de programación específicos que son de naturaleza matemática; y al discutir explícitamente las matemáticas inherentes a los comandos de programación, nuestros estudiantes mejoran su comprensión de los conceptos matemáticos y de programación.

Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), en un método de aprendizaje que funciona a través de la resolución de problemas relacionados con la interacción del hombre y su medio ambiente. La esencia del ABP consiste en identificar, describir, analizar y resolver tales problemas, lo cual se logra mediante la interacción del docente y los estudiantes.

En Castaño (2015), se establece que los objetivos que percibe el ABP en los educandos son p. 237 son:

- Lograr estudiantes responsables de su autoaprendizaje; diagnostique lo que necesita saber acerca de un determinado problema.
- Favorecer el razonamiento científico desde la formulación de hipótesis hasta la búsqueda sistemática de la solución a problemas específicos.

- Trabaje armónicamente con sus compañeros mediante una buena comunicación, tenga disponibilidad de ayudar a sus compañeros, desarrolle diferentes roles, escuche y tenga confianza de aportar su mejor esfuerzo, es decir, que realice un constructo grupal.
- Conozca el avance del programa en curso, el proceso de aprendizaje de la resolución de problemas, así como la adquisición de conocimientos; sea capaz de auto-evaluarse.

Implementando en los estudiantes los fundamentos pedagógicos como el aprender a ser, aprender a hacer, aprender a conocer y aprender a vivir en colectivo, el APB, garantiza en los mismos, la adquisición de las habilidades necesarias para desarrollar las competencias básicas de su profesión, además se pone especial énfasis en la relación docente-estudiante, la cual se busca sea intensamente interpersonal para que los estudiantes aprendan del docente.

En la práctica, el estudiante debe aprender los temas de sus cursos mediante proyectos de investigación fundamentados en disciplinas del conocimiento relacionadas con su profesión. Se busca que los estudiantes autoevalúen su aprendizaje, sustentándose en una postura autodidacta, la búsqueda efectiva de información y el trabajo cooperativo dentro de un equipo, entre otros tantos aspectos que ayudan a satisfacer las demandas de la sociedad (Castaño, 2015).

Desde el constructivismo, se puede pensar en dicho proceso como una interacción dialéctica entre los conocimientos del docente y los del estudiante, que entran en discusión, oposición y diálogo, para llevar a cabo una síntesis productiva y significativa del aprendizaje, sin embargo, hay que recordar que éste y la forma en que se realice, aun cuando sean constructivistas, están determinadas por un contexto específico que influye en ambos participantes: docente y estudiantes, debido a sus condiciones biológicas, psicológicas, sociales, económicas, culturales, incluso políticas e históricas (Ortiz, 2015).

La concepción constructivista es organizada en tres ideas fundamentales (Díaz Barriga Arceo, 2001):

- El alumno es el responsable de su propio proceso de aprendizaje.
- La actividad mental constructivista del alumno, se aplican a contenidos que poseen ya un grado considerable de elaboración.
- La función del docente es, enlazar los procesos de construcción con el saber colectivo culturalmente originado.

Básicamente el constructivismo como una propuesta teórico metodológica para aproximar el aprendizaje significativo de las matemáticas, está compuesto por el siguiente ciclo de aprendizaje (Romero, 2007).

El educando debe interesarse por el tema propuesto por el docente y estar consciente de la importancia de

aprender, el tema para su vida futura como estudiante y como profesional, entonces en este instante del ciclo del aprendizaje, el docente debe promover el diálogo con los estudiantes en torno a la interrogante ¿por qué debo aprender?, es aquí, que debemos propiciar en los estudiante el deseo de aprender para lo cual debemos utilizar dinámicas relacionadas con el tema, hacer que el estudiante manipule el material concreto, analizar experiencias vividas por el maestro o por los estudiantes, presentar videos, lecturas y comentarios ilustrativos (Romero, 2007).

El estudiante reflexiona y relaciona la experiencia concreta con el tema planteado, con sus valores y con sus experiencias vividas, a partir de este punto el educando inicia la comprensión del tema planteado por el docente, en este momento del ciclo se trata de contestar la pregunta ¿Existe relación entre la experiencia vivida y el concepto a aprender?, aquí la tarea que tenemos como docentes consiste en formular preguntas, que sirvan de puente entre la experiencia y la conceptualización., redactándolas de tal forma que despierten interés y estimulen la reflexión en los estudiantes, las preguntas formuladas deben ser respondidas por los estudiantes basándose en sus experiencias y conocimientos previos.

El binomio estudiante docente sistematiza todas las ideas que se han originado en la reflexión con el fin de encontrar semejanzas entre las respuestas, para agruparlas y ordenarlas de forma lógica, en este momento del ciclo del aprendizaje se trata de contestar la interrogante, ¿qué estamos aprendiendo?, ¿qué es lo más importante de todo ello?, aquí nuestro trabajo como docentes es orientar al grupo, para que se sistematicen y ordenen correctamente las respuestas dadas, después de la sistematización de ideas, los estudiantes deben aprender símbolos, datos, hechos, conceptos, propiedades, axiomas y algoritmos.

En este punto del ciclo del aprendizaje, el estudiante está en condiciones de aplicar lo aprendido en la etapa conceptual, para resolver problemas que le sirvan principalmente para afianzar los conceptos estudiados y además relacionar lo aprendido con su vida cotidiana y su entorno natural y social, es esta etapa se trata de contestar la pregunta ¿cómo aplico lo aprendido, en mi vida estudiantil y en la práctica diaria?, aquí la tarea del docente consiste en lograr que los estudiantes trabajen en la solución de problemas, aplicando los conceptos aprendidos, lo que hay que resaltar aquí es que posteriormente el estudiante formule y plantee sus propios problemas relacionados con su entorno natural y social.

El ciclo del aprendizaje de la concepción constructivista tiene como objetivo lograr que el aprendizaje de las matemáticas sea significativo, haciendo que el estudiante sea el actor de su aprendizaje en el proceso, además busca la conexión entre el tema tratado y el contexto.

El aprendizaje es un proceso que se desarrolla unido a la formación de la personalidad, ya que se desarrollan en él los conocimientos, destrezas, capacidades, habilidades pero de manera inseparable, es una fuente de enriquecimiento afectivo, donde se forman sentimientos, valores, convicciones, saberes, experiencias vividas y sentidas, donde emerge la propia persona y sus orientaciones ante la vida, en ese sentido, el aprendizaje se expresa entonces a nivel de tres dimensiones particulares (Camacho & Aladro, 2001).

1. Su contenido (el qué).
2. Los procesos a través de los cuales las personas se apropian de estos contenidos (el cómo).
3. Las condiciones que es necesario estructurar y organizar para que los educandos puedan desplegar esos procesos al apropiarse de aquellos contenidos (el cuándo, dónde, en qué situaciones, con quién, etc., que conforman el contexto y la situación de aprendizaje).

Según el psicólogo D. Ausubel para clasificar los resultados del aprendizaje se proponen dos dimensiones diferentes.

1. La forma en que se presenta el material informativo al estudiante.
2. La manera en que el estudiante incorpora la información a su estructura cognoscitiva.

Partiendo de estas dos dimensiones se plantean que existen diferentes tipos de aprendizajes:

Aprendizaje por recepción, el alumno en su tarea se aprendiza no tiene que hacer ningún descubrimiento independiente, solo tiene que internalizar el material presentado. El propio Ausubel explica que el mayor número del material de estudio se adquiere mediante este tipo de aprendizaje y puede llegar a ser significativo.

Aprendizaje por descubrimiento en este caso no se le suministra al estudiante lo relevante de la tarea al alumno, sino que este lo descubre antes de incorporar lo significativo a su estructura cognoscitiva, este tipo de aprendizaje permite resolver los problemas cotidianos y facilitar que el contenido resulte significativo.

Aprendizaje por repetición o memorístico la tarea consta de asociaciones arbitrarias, el alumno carece de conocimientos previos, internaliza de modo mecánico, al pie de la letra.

Aprendizaje significativo el alumno relaciona sustancialmente, no al pie de la letra, el material nuevo con su estructura cognoscitiva, obviamente este resulta ser el aprendizaje más importante. A su vez para su comprensión se divide en tres tipos fundamentales:

1. Por representaciones: adquisición de vocabulario previa a la formación de conceptos y posterior a esta.
2. Por conceptos: formación y adquisición de conceptos.
3. Por proposiciones: a partir de conceptos preexistentes

Otro de los pilares fundamentales que se deben considerar en la enseñanza aprendizaje de las matemáticas lo constituyen los estilos de aprendizaje, estos señalan la manera en que el estudiante percibe y procesa la información para construir su propio aprendizaje, éstos ofrecen indicadores que guían la forma de interactuar con la realidad (Castro & Guzmán de Castro, 2005).

Para Kolb (1984), existen cuatro estilos de aprendizaje; 1) el Convergente que tiene organizado sus conocimientos pudiendo resolver problemas mediante razonamiento hipotético-deductivo; 2) el Divergente con un gran potencial imaginativo y flexible para considerar situaciones concretas desde muchas perspectivas; 3) el Asimilador con gran capacidad para crear modelos técnicos a partir de lo abstracto y con poco interés en las aplicaciones; 4) el Acomodador con gran capacidad para experimentar a través de proyectos y adaptarse a situaciones nuevas, es el más arriesgado de los estilos.

La teoría de los estilos de aprendizaje de Peter Honey y Alan Mumford, basada en los estudios de Kolb (1984), identificaron cuatro estilos de aprendizaje; 1) el Activo que aprenden haciendo; 2) el Teórico que necesita, modelos, conceptos y hechos con el objeto de participar en su propio proceso de aprendizaje; 3) el Pragmático, necesita de una vía para poner en práctica lo aprendido, lo abstracto no es apropiado para este estilo de aprendizaje, les gusta probar nuevas ideas, técnicas y teorías para ver si funcionan; 4) el Reflexivo aprende observando y pensando en lo que ocurre, antes de emitir un razonamiento, prefieren observar las experiencias desde distintas perspectivas, recoger datos y tomarse el tiempo necesario para llegar a las conclusiones apropiadas.

Estudiantes diferentes tienen diferentes formas preferidas de aprendizaje. Algunos pueden entender rápidamente a través de imágenes, otros pueden preferir los textos, algunos pueden lidiar bien con las teorías, otros pueden aprender de las experiencias y ejemplos (Truong, 2016).

La investigación de los estilos de aprendizaje que ostentan los estudiantes es un insumo que deben utilizar los docentes para adoptar estrategias didácticas y estilos de enseñanza, que permitan a los estudiantes apropiarse de un conocimiento específico de forma significativa.

El método adoptado para desarrollar el experimento es el del ciclo del aprendizaje de la concepción constructivista, Según Kolb (1984), es importante que todo aprendizaje utilice las cuatro etapas del ciclo, puesto que, por sus circunstancias particulares, relacionadas con su dotación individual, preferencias y gustos, cada estudiante se

sentirá más cómodo con alguna de ellas. De esta manera, quien prefiere la etapa de experiencia concreta, es un alumno **activo**, que aprende experimentando; aquel que prefiere la etapa de observación reflexiva, es un alumno **reflexivo**, que aprende reflexionando; el que prefiere la etapa de conceptualización abstracta, es un alumno **teórico**, que aprende pensando; quien prefiere la etapa de experimentación activa, es un alumno **pragmático**, que aprende haciendo (Díaz Mosquera, 2012).

El plan de clase es el instrumento que sirve para planificar las diferentes secciones de las unidades del programa de Matemáticas II, los elementos más relevantes de este documento lo constituyen, el tema, objetivo de la clase, contenidos, métodos, técnicas de enseñanza, los recursos e indicadores de evaluación, de estos elementos, cabe señalar que los métodos que se han utilizado en el desarrollo de las clases son el Inductivo-Deductivo, Heurístico y Socrático, acompañados por la técnica Expositiva, y las discusiones dirigidas.

La planificación de la clase queda plasmada con el desarrollo del plan, el cual parte de la presentación del tema y sus objetivos, para la exposición del tema utilizamos dos formas de enseñanza, la conferencia y la clase práctica, la clase práctica consiste en la solución de un banco de problemas, que en primera instancia son resueltos por el docente y luego por el estudiante a través de un trabajo colaborativo supervisado por el docente, el siguiente nivel consiste en proponer al estudiante, un banco de problemas, en el cual podrá aplicar la parte conceptual del tema tratado y la parte procedimental, este nivel es crucial y sirve para diagnosticar los logros de aprendizaje que el estudiante alcanzó en el tema tratado, finalmente el estudiante es objeto de una evaluación parcial, el peso de estas actividades es del 70 %, el 30 % restante es para la evaluación del hemisemestre, esta evaluación recopila los temas más relevantes del hemisemestre, de esta forma el estudiante alcanza la promoción en dos hemisemestres.

En este trabajo no se pretende incorporar la programación computacional como una asignatura adicional al programa del cálculo Diferencial, esto haría más complejo el estudio del cálculo, la idea es incorporarla con prácticas de tipo experimental-computacional, tal y como se hace en asignaturas de tipo experimental, como ejemplo se puede citar la Física General, en la que primero se conceptualiza el fenómeno, luego se cuantifica mediante un modelo matemático y finalmente se experimenta en el laboratorio con una guía práctica en la que se especifica el tema, objetivos, materiales, desarrollo, conclusiones. En nuestro caso los materiales serían el ordenador, software que se elija para trabajar, los módulos a importar del mismo, comandos, la declaración de variables, etc. En el desarrollo de la práctica se indicará al estudiante el manejo de cada comando y su aplicación en el tema de estudio. De esta forma se ha pensado en la incorporación de la programación como herramienta de enseñanza de

la asignatura, es decir una incorporación gradual hasta llegar a la programación autónoma de algoritmos para resolver modelos matemáticos que se ajusten a un determinado contexto del campo de la ingeniería Acuícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación tiene como objetivo fundamental probar la hipótesis de que el laboratorio computacional matemático considerado como parte de la metodología utilizada en la clase de Cálculo Diferencial de los segundos semestres de la Carrera de Ingeniería Acuícola, promueve el aprendizaje significativo de esta asignatura, para lograr este objetivo se propone como metodología un diseño experimental de tipo comparativo, utilizando dos grupos uno experimental y otro de control, al grupo experimental se le impartirá la cátedra a partir de la elección de un método eficiente de enseñanza y la inclusión del laboratorio Computacional Matemático en el programa de la asignatura en cuestión, al grupo de control se le impartirá el método con el que se ha impartido la cátedra en los últimos semestres, se tomará como variable de respuesta los resultados obtenidos al final de semestre.

La aleatoriedad en la elección de los grupos está garantizada ya que se tomará como grupo de control los estudiantes matriculados en los dos paralelos del segundo semestre de la carrera de Ingeniería Acuícola de la Facultad de ciencias Agropecuarias de la UTMACH, ya el sistema distribuye los estudiantes de forma aleatoria a medida que estos se van matriculando.

Una vez que hemos elegido las unidades experimentales, el siguiente en diseño experimental está marcado por la elección del método con el que se impartirá la cátedra al grupo experimental, se analiza en breve, tres métodos de enseñanza aprendizaje de las matemáticas para elegir uno de ellos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La hipótesis de que el laboratorio computacional matemático considerado como parte de la metodología utilizada en la clase de Cálculo Diferencial de los segundos semestres de la Carrera de Ingeniería Acuícola, promueve el aprendizaje de sus estudiantes, fue contrastada, ya que fue posible verificar que el rendimiento académico difiere significativamente entre los grupos, de control y el experimental. Se ha considerado las calificaciones obtenidas de los estudiantes en el periodo académico de mayo a septiembre del 2017, del segundo semestre de la carrera de Ingeniería Acuícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, teniendo 38 estudiantes para el grupo de control, en el segundo ciclo paralelo "A" y 50 estudiantes para el grupo experimental, en el segundo ciclo paralelo "B".

Para procesar la información se desarrolló un programa implementado en Python 3, utilizando las librerías, como Sympy, Numpy y Pandas, la tabla 2, proporciona

el resumen de los estadísticos descriptivos para los dos grupos de estudio, para contrastar la hipótesis, utilizamos la comparación de medias, para dos grupos independientes considerando la hipótesis de que el promedio de notas del grupo de control es menor que el promedio del grupo experimental.

Tabla 2. Resumen de estadísticos Python 3

Estadísticas de grupos					
	Grupos	N	Media	Desviación	Error promedio
Rendimiento Académico	Experimental	38	8,37	0,732	0,119
	Control	50	7,36	1,983	0,280

Tabla 3. Prueba t de Student para igualdad de medias Python 3.

Prueba de Muestras Independientes										
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Rendimiento Académico	Se asumen varianzas iguales	7,272	0,008	2,96	86	0,004	1,0024	0,3383	0,3298	1,675
	No se asumen varianzas iguales			3,29	65,37	0,002	1,0024	0,3046	0,3942	1,611

La tabla 3, proporciona los promedios de calificación de cada grupo, teniendo un promedio de 8,34 puntos, para el grupo experimental con una desviación típica de 0,732 puntos, el promedio para grupo de control fue de 7,36 puntos con una desviación típica de 1,983 puntos.

Aplicando la prueba de hipótesis para la comparación de medias de dos grupos independientes el p-valor **sig. Bilateral**, resultó 0,004 que es un valor inferior al valor de nivel de significancia 0,05.

Con estos resultados podemos concluir que efectivamente el grupo de control tiene un menor rendimiento académico que el grupo experimental, lo que nos permite indicar que el laboratorio computacional matemático utilizado como complemento de un método eficiente de enseñanza aprendizaje, en capaz de promover de alguna manera el aprendizaje significativo del Cálculo Diferencial.

CONCLUSIONES

En el estudio se evidencia que el grupo de control tiene un menor rendimiento académico que el grupo experimental, lo que nos permite indicar que el laboratorio computacional matemático utilizado como complemento de un método eficiente de enseñanza aprendizaje, en capaz de promover de alguna manera el aprendizaje significativo del Cálculo Diferencial.

El perfeccionamiento al momento de enseñar Cálculo Diferencial, en los primeros ciclos de la Carrera de

Acuicultura era un reto difícil de alcanzar desde el punto de vista de los resultados de aprendizaje, se ha demostrado que la aplicación del método constructivista del ciclo del aprendizaje complementado con los sistemas de álgebra computacional, han reducido de alguna forma el número de estudiantes reprobados en esta carrera.

El razonamiento computacional, combinado con el razonamiento matemático potencian el aprendizaje significativo del Cálculo Diferencial, ya que sumergen al estudiante en el contexto de las matemáticas aplicadas mediante la conceptualización de teoremas matemáticos, a partir del diseño e implementación de algoritmos, para buscar soluciones simplificadas a problemas antes tenían soluciones engorrosas.

Los docentes del área de las matemáticas deberían manejar al menos un lenguaje de programación para comenzar a cambiar los paradigmas de enseñanza aprendizaje de esta asignatura, enseñando a los estudiantes a aplicar en conjunto el razonamiento matemático con el razonamiento computacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arceo, F. D. (2001). *Estrteguas docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. McGraw - Hill.
- Camacho, Y. C., & Aladro, M. (2011). Estilos y tipos de aprendizaje. Un problema contemporáneo de la educación. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 3(28).
- Castañeda, A., & Álvarez, M. (2004). La reprobación en matemáticas. Dos experiencias. *Tiempo de Educar*, 5 (9), 141-172.
- Castaño, V. (2015). El método del aprendizaje basado en problemas como una herramienta para la enseñanza de las matemáticas. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativa*, 6(11).
- Castro, S., & Guzmán de Castro, B. (2005). Los estilos de aprendizaje en la enseñanza y el aprendizaje: Una propuesta para su implementación. *Revista de Investigación*, 58, 83-102.
- Cheng, H. (2016). *Teaching math with computer programming can help narrow achievement gap*. <https://edsources.org/2016/teaching-math-with-computer-programming-can-help-narrow-achievement-gap/563371>
- Díaz Mosquera, E. (2012). Estilos de Aprendizaje. *EIDOS*, 5, 5-11.
- Hobenshield Tepylo, D., & Floyd, L. (2018). *Learning Math Through Coding*. Math + Code 'Zine, 3(1).
- Iglesias-Domecq, N., Alonso-Berenguer, I., & Gorina-Sánchez, A. (2017). El Cálculo Diferencial e Integral en las carreras de ciencias técnicas. Especificaciones de su enseñanza. *Maestro y Sociedad*, 14(4), 660-670.

- Jarvis, D. H., Lavicza, Z., & Buteau, C. (2012). Computer Algebra System (CAS) usage and sustainability in university mathematics instruction: Findings from an international study. Paper presented as part of Topic Study Group 18: *Analysis of Uses of Technology in the Teaching of Mathematics*, at the *12th International Congress on Mathematical Education (ICME-12)*. Seoul, Korea.
- Kolb, D. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Editorial Prentice-Hall.
- Kumar, A., & Kumaresan, S. (2008). Use of Mathematical Software for Teaching and Learning Mathematics. *The International Congress on Mathematical Education (ICME) 11*, 373-388.
- Ortiz, D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia*, 19.
- Reyes Andrade, D., & Pérez Vence, M. (2016). Grupos de estudio para favorecer el aprendizaje del cálculo. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 2, 1-18.
- Romero, J. E. (2007). *Matemática Básica Guía Didáctica del Docente*. Ministerio de Educación del Ecuador.
- Truong, H. M. (2016). Integrating learning styles and adaptive e-learning. *Current developments, problems and opportunities. Computers in Human Behavior*, 55, 1185-1193.
- Vrancken, S., et al. (2006). Dificultades relacionadas con la enseñanza y el concepto de límite. *Revista PREMI-SA*, 8(29), 9-19.