

REVISTA

TECKNE

ISSN 1909- 793X

Bogotá D.C., Junio de 2015

Volumen 13 No. 1, p. 1 - 66.



©Editorial Fundación Universitaria Horizonte
©Revista Teckne

ISSN 1909-793X
Abreviatura para notas a pie de página,
listas y referencias bibliográficas: Rev. Teckne

Volumen 13
Número 1
Junio de 2015
Periodicidad Semestral

Indexada en IBN Publindex (categoría C)
Índice Nacional de Publicaciones Seriadas,
Científicas y Tecnológicas.

Ésta revista tiene productos revisados por
los miembros del comité de árbitros.

IMPRESIÓN
KWN IMPRESORES

DIRECTIVOS UNIHORIZONTE

María Viviana Torres Ortega
Representante legal

Carlos Eduardo Rodríguez Pulido
Asesor del Consejo Superior

PhD. Cecilia Garzón
Rectora

MSc. Sergio Andrés Flautero
Vicerrector Académico y de investigaciones

Omar Arturo Calderón Z.
Secretario General

MSc. Carlos Andrés Gómez Vergara
Director de Planeación y Presupuesto

PARES EVALUADORES

Humberto José Centurión Cardeña
Magíster en Educación Superior
Docente e investigador
Instituto Tecnológico Superior de Motul

María Guadalupe Molina García
Doctora en Administración
Docente e investigadora
Departamento de Gestión y Dirección de Empresas
Universidad de Guanajuato

Aura María Espinosa Correa
Especialista en Gerencia de Recursos Naturales
Docente
Facultad de Ingeniería
Fundación Universitaria Horizonte

Diana Paola Tamayo Figueroa
Magíster en Ingeniería Ambiental-Modalidad investigación
Investigadora y Coordinadora
Universidad Nacional de Colombia /Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES)

Dustin Tahisin Gómez Rodríguez
Magíster en estudio y gestión del desarrollo
Docente y líder investigador
Universidad San Buenaventura-Sede Bogotá / Corporación Unificada Nacional (CUN) y Uniempresarial

Danice Deyanira Cano Barrón
Magíster en Investigación educativa
Docente e investigadora
Instituto Tecnológico Superior de Motul

Juan Carlos Osma Rozo
Magíster en dirección de marketing
Docente e investigador
Universidad Autónoma de Bucaramanga

Carlos Cardona Ortíz
Magíster en planeación y desarrollo socioeconómico
Docente e investigador
Colegio Distrital Rodolfo Llinás

Santiago Felipe Arteaga Martínez
Candidato a maestría en arquitecturas de tecnologías de la Información
Investigador /Director General
Universidad de los Andes /Pometheus Workshop S.A.S

EDITORIA

MSc. Luisa Alejandra García Galindo
Investigadora
revista.teckne@unihorizonte.edu.co

COMITÉ EDITORIAL

MSc. Carlos Arturo Martínez García
Docente e investigador
Fundación Universitaria Horizonte

Luz Andrea Ardila
Docente e investigadora
Fundación Universitaria Horizonte

MSc. (C) Camilo Alejandro Torres
Director T.P. en Procesos Industriales
Fundación Universitaria Horizonte

COMITÉ CIENTÍFICO

Aura Angélica Hernández Cárdenas
Socióloga
Magister en Antropología social y cultural, Université de Porvence/Aix-Marseille I
Docente e Investigadora
Fundación Universitaria Minuto de Dios

Diana Rocío Sánchez Díaz
Psicóloga
Magíster en Investigación, Universidad de los Andes
Docente e investigadora
Fundación Universitaria Minuto de Dios

CORRECCIÓN DE ESTILO

BLU INTERPRETER S.A.S

Laura Bustos Camargo
Directora Centro de Idiomas
Fundación Universitaria Horizonte

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Andrés Mauricio Sánchez Caimán
Diseñador gráfico

DISEÑO PORTADA

Carolina Choconta Cardozo
Edwin Steven Daza
Johann Sebastián Quiñonez
Cristian Alberto Aldana Cruz
Jonathan Alexander Lopez Suta
Adriana Pilar Cely Gutierrez
Estudiantes
Fundación Universitaria Horizonte

CONTENIDO

EDITORIAL: LA REVISTA TECKNE Y UNIHORIZONTE EN EL CAMINO DE LA TRASCIENDENCIA

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA ENTRENAMIENTO Y EVALUACIÓN DE ECUACIONES LINEALES MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS TIC

J. García, J. C. León, R. M. Alvarado y P. Teherán **7**

USO DE LAS TIC EN UN GRUPO DE DOCENTES UNIVERSITARIOS

E. Gómez-Ramírez, A.P. Calvo-Soto y L.T. Ordoñez-Mora **18**

TENSIONES ENTRE LA FAMILIA Y LA ESCUELA. UNA MIRADA DESDE LAS CONDICIONES CONTEMPORÁNEAS DE AMÉRICA LATINA

S. Garay **26**

MODELO Y MODELIZACIÓN EN LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS

J. V. Bohórquez y F. J. Orozco **34**

DIFERENCIAS EN EL SISTEMA DE CREENCIAS DE ESTUDIANTES PARA EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA

M. Ávila, S. López, S. Núñez, E. Ramírez y A. Ruiz **46**

EVALUACIÓN DEL ANTAGONISMO DE CEPAS DE *Trichoderma* spp. FRENTE A CEPAS DE *Fusarium* spp. Y *Colletotrichum* spp. AISLADAS DE CULTIVOS ORGÁNICOS DE SÁBILA (*Aloe vera*) Y ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*)

L.A. García **56**

Editorial

LA REVISTA TECKNE Y UNIHORIZONTE EN EL CAMINO DE LA TRASCIENDENCIA

Somos seres sociales y como tal buscamos siempre el reconocimiento y la trascendencia. En este trasegar, el hombre ha desarrollado diferentes estrategias para este objetivo. Desde las perspectivas más puristas del desarrollo en donde la tierra, el trabajo y el capital se constituyeron como el eje de lo que hoy conocemos como economía, hasta los nuevos paradigmas de desarrollo humano y el bio-desarrollo, siempre ha existido la intención de sacar adelante a una especie con muchos aspectos por mejorar, pero también con muchas cosas que aprender, y aprender de lo que se ha construido nos permite hoy estar en la cúspide de la evolución.

Trascender y ser reconocida es la meta de la revista Teckne, la cual gracias a las personas que han pasado por ella y a las personas por las que ella pasó, hoy se encuentra en un lugar privilegiado respecto a las revistas de otras instituciones, aunque aún no en el lugar deseado por la institución. En UniHorizonte reconocemos a Teckne, además de la calidad de nuestros egresados, como un medio por el cual estamos dejando un legado en el país y en el mundo, razón por la cual la revista se ha convertido en una de las estrategias por la que la institución quiere ser reconocida y trascender.

Para lograr esto se requiere del esfuerzo de estudiantes, docentes, investigadores, coordinadores, directores, editores y todo aquel que interviene para que cada número de esta revista sea atractivo y pueda llegar a todo lugar donde exista alguien interesado en aprender de la experiencia investigativa de otros; otros que tal vez no contaron con la suerte de publicar sus ideas, pero que si pueden acceder a las ideas y experiencias de quienes las transmiten en sus artículos. Esta es la finalidad de Teckne, hacer del conocimiento un elemento apropiable, transmisible y replicable que aporte al desarrollo de la humanidad, y que permita la trascendencia de una institución que genera esfuerzos para que proyectos como este se mantengan en el tiempo y mejoren permanentemente.

Los nuevos retos para la revista Teckne se fundamentan en el posicionamiento y el ascenso en el marco de nuevas y claras políticas de gestión institucional y en especial, para la investigación aplicada y formativa, las cuales son los ejes desarrolladores de la producción científica que permitirá lograr el posicionamiento deseado por UniHorizonte.

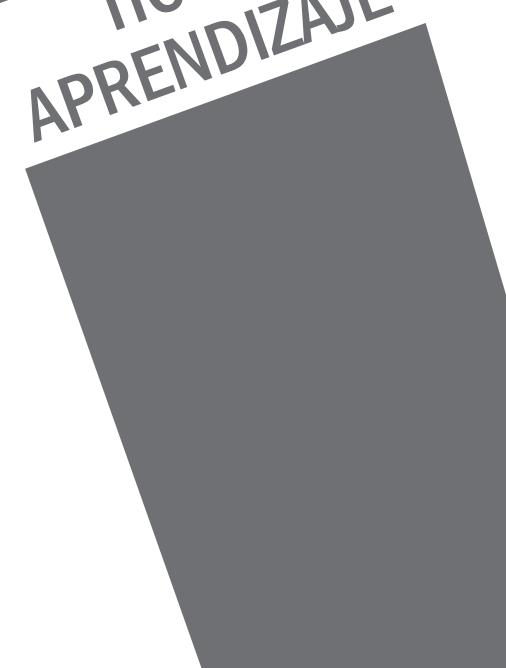
Carlos Andrés Gómez Vergara

Psicólogo

Magíster en Estudios y Gestión del Desarrollo

Director de Planeación y Presupuesto

Fundación Universitaria Horizonte



TICS Y
APRENDIZAJE

PROPIUESTA DIDÁCTICA PARA ENTRENAMIENTO Y EVALUACIÓN DE ECUACIONES LINEALES MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS TIC

DIDACTIC PROPOSAL FOR TRAINNING AND ASSESSMENT OF LINEAR EQUATIONS WITH ICT TOOLS

J. García¹, J. C. León^{1,2}, R. M. Alvarado¹ y P. Teherán¹

¹ Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

² Fundación Universitaria Horizonte – (UniHorizonte), Bogotá, Colombia

RESUMEN

El *Gymnasium* (Γυμνάσιον) de Ecuaciones Lineales, hecho a partir de una serie de 24 ecuaciones lineales que incorporan la aplicación de las leyes de las igualdades, brinda a estudiantes y profesores de educación básica secundaria una forma novedosa de ejercitación y de evaluación mediante el uso de herramientas TIC, basada en la programación y gestión del *Exam Builder* de *Scientific WorkPlace*, con la que se obtienen miles de ejercicios diferentes para ser desarrollados en ambientes virtuales que, posteriormente, permiten abordar problemas de mayor complejidad. Esta propuesta implica replantear aspectos como la presencialidad y la sincronía, considerados fundamentales en los procesos tradicionales de enseñanza-aprendizaje y evaluación; asimismo, da lugar a la transformación de roles y, a los acuerdos de tiempo y lugar entre docentes y estudiantes, tanto para los momentos de ejercitación y práctica, como para los de evaluación, respetando el ritmo de aprendizaje de cada estudiante y ofreciéndole retroalimentación instantánea de cada sesión desarrollada. Con esto, la práctica docente presencial, dentro de la modalidad de Clase Invertida, se orienta en la solución de dudas puntuales que los estudiantes no puedan absolver solos tras la ejercitación.

PALABRAS CLAVE: Clase Invertida, ecuaciones lineales, evaluación en línea, *Gymnasium* de Ecuaciones Lineales, *Scientific WorkPlace*, TIC.

ABSTRACT

A *Gymnasium* (Γυμνάσιον) of Linear Equations, from a series of 24 linear equations that incorporate law enforcement of equality, provides students and teachers of basic secondary education a novel form of exercising and assessment using ICT tools based on programming and management of Exam Builder on Scientific WorkPlace, with thousands of different exercises to be developed in virtual environments and to enable them to subsequently address more complex problems. This proposal involves rethinking fundamental aspects hitherto considered in the traditional processes of teaching, learning and assessment: attendance and synchrony; leading to the transformation of roles and agreements of time and place between teachers and students, both practice and assessment times, respecting the learning pace of each student and giving instant feedback from each developed session. With this, the teaching practice in the form of 'Flipped Classroom' will be oriented to specific troubleshoot that students cannot solve themselves after practice.

KEYWORDS: Flipped Classrooms, linear equations, online evaluation, *Gymnasium* of Linear Equations, *Scientific WorkPlace*, ICT.

I. INTRODUCCIÓN

Platón planteara que la educación de una persona en la Grecia antigua debía estar conformada por tres aspectos fundamentales: la gramática, la música y la gimnasia; posteriormente, Aristóteles incluyó el dibujo o la pintura.

Los griegos estaban totalmente convencidos de que la forma de conservar un óptimo estado de salud mental, era manteniendo un buen estado de salud física, lo que se lograba mediante el ejercicio bien regulado [1].

A partir de esta idea, los griegos empezaron a construir lugares en donde los jóvenes y, posteriormente, personas de todas las edades, realizaban prácticas de entrenamiento de las distintas actividades físicas, a las que se les denominó gimnasios. Todas las ciudades griegas que tenían alguna importancia contaban con estos lugares; por ejemplo, Atenas poseía tres grandes gimnasios: el Liceo (*Λύκειον*), Cinosargo (*Κυνόσαργης*) y la Academia (*Ἀκαδημία*). Los participantes que se preparaban para competir por los premios que ofrecía el Estado griego en los juegos públicos, lo hacían en los gimnasios que, con el paso del tiempo, se convirtieron en puntos de encuentro no solo de quienes querían cultivar, mantener y fortalecer su cuerpo mediante la actividad física, sino también de quienes estaban interesados en ejercitarse su intelecto, fundamentalmente, los filósofos [1].

De este contexto histórico es importante rescatar el término entrenamiento, por cuanto da sentido al propósito de esta propuesta, que es utilizar los medios tecnológicos de los que se dispone en la actualidad para entrenar a los estudiantes, particularmente, en el tópico del que se ocupa este trabajo: las ecuaciones lineales.

A pesar de la reciente aparición de los computadores portátiles y, aún más, de los continuos intentos de masificación de las conexiones a Internet y de los servicios de banda ancha, el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha permeado completamente la sociedad actual y, desde luego, a la educación, uno de sus ejes fundamentales. En las TIC están puestas muchas expectativas de un país en términos de su desarrollo económico, equidad y justicia social, así como del cambio pedagógico y de la calidad del aprendizaje que se espera conseguir gracias a su incorporación [2].

En ese contexto, la respuesta del Gymnasium (*γυμνάσιον*) de Ecuaciones Lineales, ante la afirmación que las tecnologías digitales exigen la emergencia de nuevos sistemas de evaluación [2], es contundente; porque no se concibe solamente con propósitos de evaluación, también como medio de entrenamiento a través del uso de la misma herramienta, con lo que a la vez se logra respetar los ritmos de aprendizaje propios de los jóvenes y, se posibilita más conseguir en ellos autonomía y responsabilidad [3]. A la par, produce una transformación de los roles de los estudiantes y de los profesores, en el caso de estos últimos, pueden hacer más eficiente el tiempo del aula, dedicándolo a la aclaración de dudas específicas relacionadas con

ejercicios particulares del Gymnasium (*γυμνάσιον*) de Ecuaciones Lineales, como las generalizaciones que, sin lugar a dudas, tendrán fuertes cimientos sobre los innumerables ejercicios realizados previamente; adicionalmente, se incorporan prácticas como la evaluación personalizada y permanente, y la retroalimentación inmediata, cuyo impacto deriva en aspectos relacionados con la motivación personal, mérito, autoestima e, identificación de debilidades y oportunidades de mejoramiento.

A partir de lo anterior, es posible afirmar que aprovechar las ventajas que ofrecen los nuevos desarrollos de software en el campo educativo –específicamente en lo que se refiere a entrenamiento y evaluación– hará que el ejercicio docente tenga otra connotación, no solo desde el punto de vista del evaluado sino del evaluador; esto, porque en primer lugar no son importantes la presencia del profesor ni del estudiante en un espacio determinado (aula), tampoco el instante o momento en que ocurre, ni el número de veces que se desea presentar una prueba [4] o la cantidad de estudiantes que se sometan a ella, dado que todos esos parámetros los puede definir el docente a partir de circunstancias específicas, y también porque es posible tener una gran cantidad de preguntas para aplicar, lo que significa que si se hace la prueba muchas veces, difícilmente aparecerán las mismas preguntas, que en el caso de las matemáticas y, en particular, de las ecuaciones lineales, representa que hay pocas probabilidades de que se repitan los ejercicios.

De esta manera, la propuesta aprovecha las ventajas que ofrecen las TIC para romper con el esquema tradicional que implica para docentes y estudiantes, sincronía y presencialidad, en el sentido en que ahora entre ellos desaparecen los acuerdos de tiempo y lugar para poder avanzar en el aprendizaje, no solo al momento de evaluar, también en los instantes previos de ejercitación y práctica, que en el contexto de los procesos de aprendizaje de las ciencias, se constituyen en una herramienta didáctica eficaz, que además ofrece al estudiante la recompensa por el esfuerzo, es decir, de forma inmediata conoce el resultado de cada ejercicio resuelto, independiente de que sea con fines de práctica o de evaluación.

II. LA EVALUACIÓN

A. CONSIDERACIONES GENERALES

En Colombia, a partir de la expedición de la Ley General de Educación en 1994, se dio paso a una evaluación

formativa, integral y cualitativa, más centrada en el desarrollo de las habilidades de los estudiantes, que en los contenidos de la enseñanza. Según el Artículo 3 del Decreto 1290 de 2009, son propósitos de la evaluación de los estudiantes, en el ámbito institucional:

- Identificar las características personales, intereses, ritmos de desarrollo y estilos de aprendizaje del estudiante para valorar sus avances.
- Proporcionar información básica para consolidar o reorientar los procesos educativos relacionados con el desarrollo integral del estudiante.
- Suministrar información que permita implementar estrategias pedagógicas para apoyar a los estudiantes que presenten debilidades y desempeños superiores en su proceso formativo.
- Determinar la promoción de estudiantes.
- Aportar información para el ajuste e implementación del plan de mejoramiento institucional.

Para el Ministerio de Educación Nacional “la evaluación que se realiza de los educandos en el aula debe concentrarse en los sucesos del día a día, en observar y buscar información para establecer cómo están aprendiendo los estudiantes; qué necesitan aprender; dónde es necesario aclarar, reforzar o consolidar conceptos y procesos, entre otros, para contribuir a formarlos como seres competentes”.

Existen tres funciones de la evaluación del aprendizaje: diagnóstica, formativa y sumaria [5]. La función diagnóstica de la evaluación es la posibilidad para determinar el nivel de aprendizaje del alumno. En el modelo tradicional los ajustes pueden realizarse a lo largo del curso, lo que es más difícil en la modalidad a distancia, dado que está totalmente conformado y disponible.

En relación con la función formativa, los aportes de la evaluación en línea y, en particular, del *Gymnasium* ($\Gamma\mu\nu\alpha\sigma\tau\circ\iota\omega$) de Ecuaciones Lineales, son enormes, debido a que apoyan permanentemente al estudiante señalándole sus deficiencias. Se nota que en ambientes virtuales de enseñanza-aprendizaje este tipo de evaluación resulta imprescindible, ya que enriquece los procesos de retroalimentación de las actividades, bien sea de forma automática, como es el caso del software usado en el *Gymnasium* ($\Gamma\mu\nu\alpha\sigma\tau\circ\iota\omega$) de Ecuaciones Lineales o por medio del profesor en las clases presenciales. Es por tanto una función propia de la sociedad actual, basada en el uso de herramientas tecnológicas, la comprensión de conceptos científicos

fundamentales y la habilidad para utilizar esa información en la solución de problemas cotidianos. Al respecto, Pedró y Benavides [2] afirman:

“Las tecnologías digitales exigen y facilitan la emergencia de nuevos sistemas de evaluación (de alumnos, de profesores, del propio sistema) más aptos, más justos y que devienen en parte de una estrategia pedagógica para el beneficio del evaluado. Un ejemplo de esto son las evaluaciones formativas de los alumnos, que consisten en valoraciones personalizadas, permanentes, con diferentes elementos y con una retroalimentación regular que busca hacer énfasis en el reconocimiento, el mérito y la identificación de las áreas de oportunidad”.

La función sumaria de la evaluación, que usualmente se desarrolla al final del curso, permite dar una calificación al aprendizaje alcanzado; en el caso de que la enseñanza se adelante en ambientes virtuales de aprendizaje, no es posible la realización de actividades que ameriten la observación directa del evaluador.

B. LA EVALUACIÓN EN AMBIENTES VIRTUALES

Con el incremento de la presencia de las nuevas TIC en todos los ámbitos de la sociedad, también han empezado a aparecer en el campo educativo herramientas orientadas a la evaluación que pueden ser propias de un sistema, como la utilizada en el *Gymnasium* ($\Gamma\mu\nu\alpha\sigma\tau\circ\iota\omega$) de Ecuaciones Lineales (*Scientific WorkPlace*) o de creación de un autor en plataformas como *Jquiz*, *Test Creator*, *Web Work Sheet*, *WebTest*, entre otras.

En la actualidad los gestores de aprendizaje o LMS (*Learning Management System*), como *Blackboard* o *Moodle*, ofrecen gran cantidad de posibilidades para el diseño de pruebas, como preguntas de opción múltiple con única o varias respuestas, de verdadero-falso, de completar espacios con texto o con valores numéricos calculados, de correspondencia o relación, de ordenación, de redacción, de cálculo de fórmulas-mediante el envío de archivos o el uso de imágenes-lo mismo que de opinión, de redacción e, incluso, de generación de cuestionarios de forma aleatoria entre los distintos tipos de preguntas; mecánica con la que el proceso de evaluación a distancia empieza a ser parte activa de los ambientes virtuales. A su vez cada una de las pruebas puede ofrecer gran variedad de formas de administración entre las que se incluyen: el número de intentos permitidos, el tiempo límite para cada pregunta o para todo el cuestionario, las opciones de presentación y de disponibilidad, de acceso mediante

clave, de finalización, de comentarios a las respuestas, entre otras. Además, el proceso evaluativo puede ser complementado con la participación en grupos de discusión y chats que son monitoreados por la misma plataforma, de manera que le permiten al docente tener una visión más amplia de los ritmos de aprendizaje de cada estudiante y poseer más criterios –que en los esquemas tradicionales– para emitir una calificación durante y al final del curso.

De esta manera se aprecia que la aparición de las TIC en la evaluación de los procesos de enseñanza-aprendizaje, introduce esquemas diferentes a los que estamos acostumbrados con el modelo tradicional, y favorece la creatividad del docente quien –al recurrir a diferentes opciones de evaluación– podrá percibir un concepto más integral del desarrollo de los procesos de cada estudiante, apoyado en herramientas tecnológicas modernas.

III. EL MODELO DE CLASE INVERTIDA

El modelo *Flipped Classrooms*, clase o aula Invertida, es una propuesta que recurre a las nuevas TIC, en la que los videos entran a formar parte de la instrucción, permitiendo a los estudiantes tener mayores lapsos para trabajar con el profesor con participación activa. Con este modelo se facilita el desarrollo de una serie de procesos que, de la forma tradicional, serían difíciles o imposibles de llevar a cabo, especialmente, cuando se tiene un número considerable de estudiantes en un aula. Se llama Clase Invertida porque lo que se solía hacer en el salón de clase (escuchar al profesor), ahora lo realiza el estudiante mediante los videos, y lo que el profesor acostumbraba a asignar como tarea, lo hace el estudiante en el aula.

En el modelo tradicional, el maestro dedica aproximadamente una tercera parte de la clase a la presentación del tema; las dos terceras partes restantes corresponden al estudio individual o grupal de los estudiantes; en este modelo el trabajo del profesor está fundamentalmente orientado a la presentación e introducción del tema, mientras que la interacción con los estudiantes se reduce a una tercera parte de la clase [6]. Esto sugiere, entonces, que al invertir el rol del profesor, que se convierte en un facilitador, la totalidad del tiempo de la clase va a estar focalizada en la asesoría al estudiante, quien previamente ha desarrollado actividades preparatorias del contenido, mediante videos que presentan los aspectos fundamentales de los

temas de clase y el posterior desarrollo de actividades de ejercitación como las que propone el *Gymnasium* (*Γυμνάσιον*) de Ecuaciones Lineales, que pueden ser abordadas desde la casa o desde cualquier otro lugar donde haya conexión a Internet, de forma que con este modelo aumenta al doble el espacio que el estudiante dedica al tema propuesto, así como también el tiempo de contacto personal que tiene con el profesor para la solución de las dificultades puntuales que presenta durante el desarrollo de actividades.

Bajo el modelo *Flipped Classrooms* se incrementa la interacción y el tiempo de contacto personalizado entre estudiantes y profesores [7]. Los educandos asumen la responsabilidad de su propio aprendizaje; el maestro no es el ‘sabio’ sino el ‘guía’ que los acompaña, con lo que se forma una combinación de instrucción directa y aprendizaje constructivista. Además, no se ven afectados los estudiantes que se ausentan por enfermedad o por estar en otras actividades.

Otros afirman que bajo este modelo las actividades de clase han de diseñarse teniendo en cuenta que deben apoyar al estudiante en la comprensión de los objetivos de aprendizaje establecidos; de la misma forma, deben estar hechas para ayudarlos a procesar lo que han aprendido y a poner el aprendizaje en el contexto del mundo que viven, de manera que sea atractivo para los estudiantes y lo suficientemente flexible para permitirles desarrollar la capacidad de procesar y producir de manera significativa [8].

Desde la experiencia de Bennett, Kern, Gudernath y McIntosh [9]—quienes han aplicado el modelo *Flipped Classrooms*— se ha observado, en comparación con el método tradicional, que las discusiones están dirigidas por los estudiantes—quienes aportan contenido externo a lo propuesto por el profesor— en las que se suelen alcanzar órdenes superiores de pensamiento crítico [9]. El trabajo colaborativo y espontáneo entre los aprendices es permanente en función de sus propias necesidades e intereses, a la vez que se desafían unos a otros en torno a los contenidos, se apropián de los materiales y usan sus conocimientos para orientarse entre sí, sin necesidad de dirigirse al profesor; del mismo modo, hacen preguntas exploratorias y tienen libertad para profundizar en temas más allá del currículo, participan activamente en la resolución de problemas y se transforman de oyentes pasivos en sujetos activos.

IV. EL GYMNASIUM (ΓΥΜΝΑΣΙΟΝ) DE ECUACIONES LINEALES

A. ACERCA DE SCIENTIFIC WORKPLACE

Scientific WorkPlace (SWP) es un creador y editor de texto matemático y científico capaz de integrar la escritura matemática y el texto en el mismo entorno, además de componer documentos técnicos con LaTeX —que es el estándar tipográfico utilizado para las matemáticas— con el que se logra que al escribir un texto en SWP, pueda ser convertido inmediatamente a LaTeX, obteniendo una presentación impecable. Además, pueden realizar cálculos como solución de ecuaciones algebraicas y diferenciales, de integración y diferenciación, cómputos numéricos y simbólicos mediante herramientas de cálculo computacional, sin tener que trabajar en lenguajes de programación.

La herramienta de SWP que se utilizó en el *Gymnasium* (Γυμνάσιον) de Ecuaciones Lineales, fue *Exam Builder* o Generador de Exámenes, con la que se consigue no solo crear los cuestionarios de entrenamiento o de evaluación, sino también obtener su valoración, esto significa, que el programa ofrece al estudiante, de forma automática, la puntuación o calificación de las respuestas y señala en cada caso la alternativa correcta; con esto, él consigue realizar la retroalimentación inmediata del cuestionario desarrollado.

La utilización de *Exam Builder* en el modo de selección múltiple con única respuesta, recurre a la generación aleatoria de números utilizados en cada pregunta, de acuerdo con el rango que se indique en la programación. De igual manera, permite escoger al azar el número de preguntas que se desea incluir en cada cuestionario de entrenamiento o de evaluación. Con la versatilidad que ofrece *Exam Builder* de SWP es posible obtener una amplísima variedad de material, tanto para el entrenamiento personal y la preparación de pruebas, como para los exámenes, facilitando la ejercitación del estudiante mediante la generación de innumerables cuestionarios de entrenamiento diferentes, y simplificándole al profesor el proceso de evaluación que ahora se convierte en automático.

B. LAS ECUACIONES DEL GYMNASIUM (ΓΥΜΝΑΣΙΟΝ) DE ECUACIONES LINEALES

Para la creación del *Gymnasium* (Γυμνάσιον) de Ecuaciones Lineales se consideraron doce formas de ecuaciones lineales —tanto con coeficientes enteros

como racionales— de manera que se obtuvieron veinticuatro representaciones diferentes, cuya relación aparece en la Tabla 1.

Tabla 1.

Tipos de ecuaciones incluidos en el *Gymnasium* (Γυμνάσιον) de Ecuaciones Lineales

	Forma	Solución
1.	$a + x = b$	$x = b - a$
2.	$ax = b$	$x = \frac{b}{a}$
3.	$ax + b = 0$	$x = -\frac{b}{a}$
4.	$ax - b = 0$	$x = \frac{b}{a}$
5.	$ax + b = 1$	$x = \frac{1 - b}{a}$
6.		$x = \frac{c - b}{a}$
7.	$\frac{x + a}{x + b} = 0$	$x = -a$
8.	$\frac{x + a}{x + b} = 2$	$x = a - 2b$
9.	$\frac{x + a}{x + b} = c$	$x = \frac{a - cb}{c - 1}$
10.	$ax + b = cx + d$	$x = \frac{d - b}{a - c}$
11.	$\frac{a}{x} + b = c$	$x = \frac{a}{c - b}$
12.	$a(x + b) = c(x + d)$	$x = \frac{cd - ab}{a - c}$

Fuente: propia

C. GENERACIÓN Y VALORACIÓN DE EXÁMENES

Una vez incluidas todas las preguntas del cuestionario, se espera que cuando se llame una pregunta, aparezca su estructura con coeficientes y constantes diferentes, con diversas opciones de respuesta colocadas en distinto orden, excepto, en la última opción: ‘ninguna de las anteriores’.

Para ilustrarlo, se ha escogido una ecuación de la Tabla 1 y se han realizado diez diferentes ejercicios empleando el modelo de dicha ecuación, tal como aparece en la Figura 1.

Ecuaciones Lineales

Nombres y Apellidos: ANDREA CAROLINA GARCIA

- 1 Solucione la ecuación $X+7=10$.
 2 3 4 -3 Ninguna de las anteriores
- 2 Solucione la ecuación $X+9=8$.
 1 0 -2 -1 Ninguna de las anteriores
- 3 Solucione la ecuación $X+1=-5$.
 6 -6 -7 -5 Ninguna de las anteriores
- 4 Solucione la ecuación $X+3=-6$.
 9 -10 -9 -8 Ninguna de las anteriores
- 5 Solucione la ecuación $X-1=3$.
 -2 2 1 0 Ninguna de las anteriores
- 6 Solucione la ecuación $X+5=6$.
 2 0 1 -1 Ninguna de las anteriores
- 7 Solucione la ecuación $X+7=-4$.
 -10 -12 11 -11 Ninguna de las anteriores
- 8 Solucione la ecuación $X-1=10$.
 12 11 -11 10 Ninguna de las anteriores
- 9 Solucione la ecuación $X+2=3$.
 -1 2 1 0 Ninguna de las anteriores
- 10 Solucione la ecuación $X+4=10$.
 5 -6 6 7 Ninguna de las anteriores

Fuente: propia

Figura 1. Captura de pantalla de generación aleatoria de ecuaciones de la forma $a+x=b$ con a y b , enteros.

Nombres y Apellidos: ANDREA CAROLINA GARCIA

- 1 Solucione la ecuación $X+7=10$.
 2 3 4 -3 Ninguna de las anteriores
- 2 Solucione la ecuación $X+9=8$.
 1 0 -2 -1 Ninguna de las anteriores
- 3 Solucione la ecuación $X+1=-5$.
 6 -6 -7 -5 Ninguna de las anteriores
- 4 Solucione la ecuación $X+3=-6$.
 9 -10 -9 -8 Ninguna de las anteriores
- 5 Solucione la ecuación $X+1=3$.
 -2 2 1 0 Ninguna de las anteriores
- 6 Solucione la ecuación $X+5=6$.
 2 0 1 -1 Ninguna de las anteriores
- 7 Solucione la ecuación $X+7=-4$.
 -10 -12 11 -11 Ninguna de las anteriores
- 8 Solucione la ecuación $X-1=10$.
 12 11 -11 10 Ninguna de las anteriores
- 9 Solucione la ecuación $X+2=3$.
 -1 2 1 0 Ninguna de las anteriores
- 10 Solucione la ecuación $X+4=10$.
 5 -6 6 7 Ninguna de las anteriores

Fuente: propia

Figura 2. Captura de pantalla para selección de respuestas

Al finalizar la selección de respuestas de la prueba y haciendo clic en *Click to grade*, SWP genera automáticamente la calificación y corrección de la prueba, como lo evidencia la Figura 3. Allí aparece la identificación del estudiante que presentó la prueba, lo mismo que la hora y fecha de inicio y finalización, el tiempo de duración, el número de puntos posibles y los puntos obtenidos. Asimismo, para cada una de las

respuestas equivocadas se indica la respuesta correcta, de modo que el estudiante puede corregir cada ejercicio que respondió de forma errónea.

Results

Student: ANDREA CAROLINA GARCIA
Start : 14:11:13 3/28/2013
Stop : 14:15:18 3/28/2013
Elapsed: 0:14:5
Points Possible: 10
Points Received: 5
1.(1) You selected 3. Correct! You get 1 point.
2.(0.1) You selected -2. The correct choice is -1.
3.(1) You selected -6. Correct! You get 1 point.
4.(1) You selected -9. Correct! You get 1 point.
5.(0.1) You selected 3. The correct choice is 2.
6.(0.1) You selected 0. The correct choice is 1.
7.(0.1) You selected -10. The correct choice is -11.
8.(1) You selected 11. Correct! You get 1 point.
9.(1) You selected 1. Correct! You get 1 point.
10.(0.1) You selected 7. The correct choice is 6.

Fuente: propia

Figura 3. Captura de pantalla de resultados

Para el caso del *Gymnasium* (*Γυμνάσιον*) de Ecuaciones Lineales, se han considerado 24 formas diferentes de ecuaciones lineales. Las Figuras que aparecen enseguida (Figuras 4 a 8) corresponden a la generación de cinco exámenes con diez preguntas, que fueron diseñados a partir de las formas de ecuaciones listadas en la Tabla 1; en cada uno se incluye coeficientes enteros y racionales.

Ecuaciones Lineales

Nombres y Apellidos: ANDREA CAROLINA GARCIA Prueba I

- 1 Solucione la ecuación $10-3X=-10$.
 $\frac{20}{3}$ - $\frac{2}{3}$ - $\frac{20}{3}$ $\frac{1}{3}$ Ninguna de las anteriores
- 2 Solucione la ecuación $\frac{X}{3}+\frac{2}{3}=\frac{1}{2}$.
 - $\frac{16}{9}$ $\frac{16}{9}$ - $\frac{9}{16}$ $\frac{9}{16}$ Ninguna de las anteriores
- 3 Solucione la ecuación $\frac{X-9}{3}=3$.
 - $\frac{12}{3}$ -15 $\frac{1}{3}$ 15 Ninguna de las anteriores
- 4 Solucione la ecuación $\frac{7}{X}-1=7$.
 $\frac{7}{8}$ - $\frac{7}{8}$ - $\frac{4}{7}$ $\frac{4}{7}$ Ninguna de las anteriores
- 5 Solucione la ecuación $\frac{1}{2}(X+\frac{8}{5})=\frac{10}{3}(X+\frac{1}{2})$.
 $\frac{21}{25}$ $\frac{21}{70}$ - $\frac{21}{25}$ $\frac{21}{70}$ Ninguna de las anteriores
- 6 Solucione la ecuación $4X=\frac{2}{3}$.
 $\frac{1}{12}$ - $\frac{1}{12}$ -10 10 Ninguna de las anteriores
- 7 Solucione la ecuación $\frac{X+1}{3X-3}=0$.
 -2 - $\frac{1}{2}$ 2 $\frac{1}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 8 Solucione la ecuación $\frac{1}{3}X+\frac{4}{3}=2$.
 2 - $\frac{1}{2}$ -2 $\frac{1}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 9 Solucione la ecuación $\frac{3X+1}{3X-2}=5$.
 - $\frac{31}{16}$ $\frac{31}{16}$ $\frac{16}{31}$ - $\frac{16}{31}$ Ninguna de las anteriores
- 10 Solucione la ecuación $\frac{2}{3}X+\frac{7}{18}=\frac{2}{3}X+\frac{5}{6}$.
 $\frac{42}{63}$ - $\frac{42}{63}$ - $\frac{63}{62}$ $\frac{63}{62}$ Ninguna de las anteriores

Fuente: propia

Figura 4. Captura de pantalla de usuario del Gymnasium (*Γυμνάσιον*) de Ecuaciones Lineales. Intento 1

Ecuaciones Lineales

Nombres y Apellidos: ANDREA CAROLINA GARCÍA Prueba 2

- 1 Solucione la ecuación $9 - 6X = 0$.
 $\frac{1}{2}$ $-\frac{3}{2}$ $\frac{5}{2}$ $\frac{3}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 2 Solucione la ecuación $5 - 10X = 1$.
 $-\frac{1}{2}$ 2 $\frac{1}{2}$ -2 Ninguna de las anteriores
- 3 Solucione la ecuación $\frac{2}{3}(X+1) = \frac{2}{3}(X+\frac{2}{3})$.
 $\frac{1}{3}$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{2}{3}$ $-\frac{2}{3}$ Ninguna de las anteriores
- 4 Solucione la ecuación $\frac{X+1}{X-1} = 0$.
 $\frac{1}{3}$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ $-\frac{1}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 5 Solucione la ecuación $\frac{X+2}{X-2} = 7$.
 $\frac{12}{3}$ $\frac{12}{12}$ $-\frac{12}{3}$ $-\frac{12}{12}$ Ninguna de las anteriores
- 6 Solucione la ecuación $\frac{X+6}{X-6} = 0$.
 $\frac{1}{3}$ 8 $-\frac{1}{3}$ -8 Ninguna de las anteriores
- 7 Solucione la ecuación $X - 2 = 3$.
 6 4 -5 5 Ninguna de las anteriores
- 8 Solucione la ecuación $\frac{1}{3}X + \frac{1}{2} = 1$.
 $-\frac{1}{3}$ $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 9 Solucione la ecuación $-6(X+6) = 9(X+7)$.
 $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{3}$ $-\frac{6}{3}$ $\frac{6}{3}$ Ninguna de las anteriores
- 10 Solucione la ecuación $\frac{11}{3}X + \frac{7}{8} = \frac{5}{2}$.
 $-\frac{1}{3}$ $-\frac{5}{3}$ $\frac{5}{2}$ $\frac{2}{3}$ Ninguna de las anteriores

Fuente: propia

Figura 5. Captura de pantalla de usuario del Gymnasium (Γυμνάσιον) de Ecuaciones Lineales. Intento 2

Ecuaciones Lineales

Nombres y Apellidos: ANDREA CAROLINA GARCÍA Prueba 4

- 1 Solucione la ecuación $10X = 2$.
 $-\frac{1}{5}$ $\frac{1}{5}$ 5 -5 Ninguna de las anteriores
- 2 Solucione la ecuación $\frac{X+1}{3X+2} = 0$.
 $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{3}$ $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 3 Solucione la ecuación $-5X - 4 = 5$.
 $\frac{9}{5}$ $\frac{5}{9}$ $-\frac{9}{5}$ $-\frac{5}{9}$ Ninguna de las anteriores
- 4 Solucione la ecuación $\frac{X-1}{3X+1} = 2$.
 $\frac{16}{9}$ $-\frac{9}{16}$ $-\frac{10}{9}$ $\frac{9}{16}$ Ninguna de las anteriores
- 5 Solucione la ecuación $X + 6 = 3$.
 -3 -2 3 -4 Ninguna de las anteriores
- 6 Solucione la ecuación $\frac{X+1}{3X-7} = 7$.
 $\frac{19}{2}$ $\frac{1}{19}$ $-\frac{12}{2}$ $-\frac{1}{19}$ Ninguna de las anteriores
- 7 Solucione la ecuación $\frac{4}{3}X = \frac{7}{2}$.
 $-\frac{35}{8}$ $\frac{42}{8}$ $\frac{3}{32}$ $-\frac{3}{32}$ Ninguna de las anteriores
- 8 Solucione la ecuación $X - 3 = 0$.
 -3 $-\frac{1}{3}$ 3 $\frac{1}{3}$ Ninguna de las anteriores
- 9 Solucione la ecuación $\frac{9}{4X} + \frac{1}{3} = \frac{4}{3}$.
 $-\frac{45}{4}$ $-\frac{4}{45}$ $\frac{45}{4}$ $\frac{4}{45}$ Ninguna de las anteriores
- 10 Solucione la ecuación $6X - 4 = 0$.
 $-\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{3}$ Ninguna de las anteriores

Fuente: propia

Figura 7. Captura de pantalla de usuario del Gymnasium (Γυμνάσιον) de Ecuaciones Lineales. Intento 4

Ecuaciones Lineales

Nombres y Apellidos: ANDREA CAROLINA GARCÍA Prueba 3

- 1 Solucione la ecuación $3X + \frac{1}{3} = X + \frac{1}{3}$.
 $\frac{11}{8}$ $-\frac{8}{11}$ $-\frac{11}{8}$ $\frac{8}{11}$ Ninguna de las anteriores
- 2 Solucione la ecuación $\frac{X+2}{X+1} = 0$.
 3 $-\frac{1}{3}$ -3 $\frac{1}{3}$ Ninguna de las anteriores
- 3 Solucione la ecuación $-7X - 8 = 0$.
 $\frac{8}{7}$ $\frac{1}{7}$ $-\frac{1}{7}$ $-\frac{8}{7}$ Ninguna de las anteriores
- 4 Solucione la ecuación $2 - 10X = -4$.
 $\frac{1}{2}$ $\frac{2}{3}$ $-\frac{1}{2}$ $-\frac{2}{3}$ Ninguna de las anteriores
- 5 Solucione la ecuación $8X = -9$.
 $-\frac{9}{8}$ $\frac{8}{9}$ $\frac{9}{8}$ $-\frac{9}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 6 Solucione la ecuación $\frac{10}{3}X + \frac{1}{8} = 1$.
 -4 4 $\frac{1}{2}$ $-\frac{1}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 7 Solucione la ecuación $2X - \frac{12}{3} = 0$.
 $-\frac{2}{3}$ $\frac{2}{3}$ $\frac{2}{2}$ $-\frac{3}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 8 Solucione la ecuación $\frac{X+1}{3X+2} = 2$.
 9 $-\frac{1}{9}$ $-\frac{1}{2}$ -9 Ninguna de las anteriores
- 9 Solucione la ecuación $\frac{1}{3}X + \frac{1}{3} = \frac{1}{3}$.
 $-\frac{45}{4}$ $-\frac{8}{45}$ $\frac{45}{4}$ $\frac{8}{45}$ Ninguna de las anteriores
- 10 Solucione la ecuación $\frac{7}{3}X = \frac{1}{3}$.
 $\frac{11}{2}$ $\frac{1}{2}$ $-\frac{11}{2}$ $-\frac{1}{2}$ Ninguna de las anteriores

Fuente: propia

Figura 6. Captura de pantalla de usuario del Gymnasium (Γυμνάσιον) de Ecuaciones Lineales. Intento 3

Ecuaciones Lineales

Nombres y Apellidos: ANDREA CAROLINA GARCÍA Prueba 5

- 1 Solucione la ecuación $-7(X+7) = -9(X+7)$.
 7 $-\frac{1}{7}$ $\frac{1}{7}$ -7 Ninguna de las anteriores
- 2 Solucione la ecuación $\frac{X+10}{X+7} = 0$.
 $\frac{9}{10}$ $\frac{10}{9}$ $-\frac{9}{10}$ $-\frac{10}{9}$ Ninguna de las anteriores
- 3 Solucione la ecuación $7X - 7 = -3X - 6$.
 $-\frac{1}{10}$ $\frac{1}{10}$ 10 -10 Ninguna de las anteriores
- 4 Solucione la ecuación $\frac{1}{2}X + 1 = X + \frac{1}{3}$.
 $-\frac{4}{3}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{4}{3}$ $-\frac{1}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 5 Solucione la ecuación $3 - 10X = 0$.
 $\frac{10}{3}$ $-\frac{7}{10}$ $-\frac{10}{3}$ $\frac{1}{10}$ Ninguna de las anteriores
- 6 Solucione la ecuación $\frac{X+10}{X+6} = 9$.
 $-\frac{6}{11}$ $\frac{1}{11}$ $-\frac{11}{6}$ $\frac{11}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 7 Solucione la ecuación $\frac{1}{X} + 1 = \frac{4}{3}$.
 $-\frac{1}{3}$ -3 3 $-\frac{1}{2}$ Ninguna de las anteriores
- 8 Solucione la ecuación $X + \frac{2}{3} = 1$.
 $-\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{2}{3}$ $-\frac{1}{3}$ Ninguna de las anteriores
- 9 Solucione la ecuación $-7X = 8$.
 $-\frac{8}{7}$ $\frac{8}{7}$ $\frac{7}{8}$ $-\frac{7}{8}$ Ninguna de las anteriores
- 10 Solucione la ecuación $X + \frac{1}{2} = 1$.
 $-\frac{1}{2}$ 2 $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ Ninguna de las anteriores

Fuente: propia

Figura 8. Captura de pantalla de usuario del Gymnasium (Γυμνάσιον) de Ecuaciones Lineales. Intento 5

Es necesario tener en cuenta que en los cinco intentos, de las 24 formas planteadas, resultaron 50 ejercicios diferentes, y que a pesar de que en la programación la cuarta opción era la correcta, en la presentación al usuario, la respuesta correcta se ve en diferentes posiciones; en todo caso, la opción ‘ninguna de las anteriores’ aparece fija como última en cada pregunta.

V. LA ADMINISTRACIÓN DE SCIENTIFIC WORKPLACE

Esencialmente la propuesta del *Gymnasium* ($\Gamma\mu\mu\nu\sigma\tau\sigma\tau\sigma$) de Ecuaciones Lineales está orientada a que el estudiante interactúe durante los momentos de ejercitación con una herramienta TIC como *Scientific Workplace*, que a la vez le servirá como medio para que sea evaluado en línea de manera personalizada. Sin embargo, la flexibilidad de SWP también permite la generación de cuestionarios impresos para que sean aplicados de forma presencial a cada estudiante, bajo el mismo principio: que cada uno tenga un cuestionario diferente.

A. GENERACIÓN DE CUESTIONARIOS EN LÍNEA

A través de esta opción, el estudiante que tenga SWP en su computador, puede abrir el archivo .qiz y realizar la prueba las veces que sean necesarias, hasta adquirir la destreza que se desea para desarrollar las ecuaciones lineales. Para ello, se debe abrir el menú *File* y escoger la opción *Open*, o utilizar el atajo Ctrl+O, tal como lo indica la Figura 9.

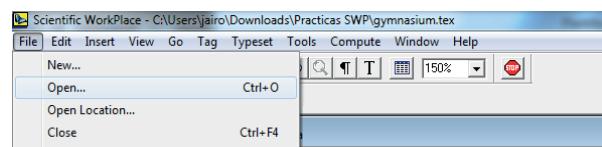


Figura 9. Instrucción para abrir archivo .qiz

También puede usar directamente el ícono de la barra de herramientas y luego seleccionar la práctica.

La idea, además de favorecer los momentos de ejercitación de los estudiantes en el *Gymnasium* ($\Gamma\mu\mu\nu\sigma\tau\sigma\tau\sigma$) de Ecuaciones Lineales, busca aprovechar la evaluación automática, con la que es posible programar que la puntuación de cada cuestionario desarrollado, así como el número de intentos de cada estudiante, sean almacenados en la base de datos del servidor que administra SWP.

Finalmente, se guardan las modificaciones hechas en el archivo .tex; así queda listo para subirlo al servidor o a la red a la que tienen acceso los estudiantes; para tal fin, se debe escoger la opción *Save*, el menú *File* o utilizar el ícono de la barra de herramientas, como lo muestra la Figura 10.

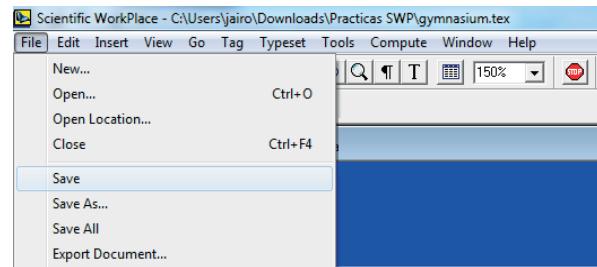


Figura 10. Instrucción para guardar modificaciones en el archivo .tex

Una vez desarrollados los cuestionarios, los resultados de las puntuaciones quedan guardados en una base de datos a la que se puede acceder desde Microsoft Access abriendo ...\\EBWeb\\Samples\\databases\\samples.mdb. Esta base de datos puede ser convertida a Microsoft Excel.

B. GENERACIÓN DE CUESTIONARIOS IMPRESOS

En caso que no resulte viable generar exámenes para desarrollar on-line, SWP prevé la posibilidad de hacerlo de manera impresa y con las mismas características. Para tal propósito, en la sección Main Setup se deben agregar las opciones de impresión para hacer que se sustituyan los botones y las casillas de verificación, por ejemplo: por las letras a, b, c, y d, que representan las opciones de respuesta.

Luego de guardar los cambios en la plantilla como un archivo .tex, y de empezar a utilizar la aplicación, se procede a ejecutarlo dando clic en el ícono del Exam Builder de la barra de herramientas, con lo que aparecerá un cuadro de diálogo de la Figura 11.



Figura 11. Cuadro de diálogo de Exam Builder

El generador de exámenes elaborará no solo el examen, también el registro de respuestas identificado con el mismo nombre del archivo, más la palabra key en formato .tex, como lo muestra la Figura 11.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en las ecuaciones lineales presentadas en los textos que abordan su solución, el *Gymnasium* ($\Gamma\mu\nu\alpha\sigma\iota\omega$) de Ecuaciones Lineales ha constituido una serie de estructuras básicas que da lugar a una gran cantidad de ejercicios diferentes para resolver y que –con fines de ejercitación y/o de evaluación– pueden ser socializados de forma virtual o impresa.

Mediante la programación y gestión de las herramientas virtuales ofrecidas por el *Exam Builder* de *Scientific WorkPlace*, el *Gymnasium* ($\Gamma\mu\nu\alpha\sigma\iota\omega$) de Ecuaciones Lineales ha estructurado una propuesta con la que es posible disponer de miles de ejercicios de ecuaciones lineales; con esto, el estudiante estará en capacidad de abordar otras prácticas de mayor grado de complejidad.

Desde la administración de *Scientific WorkPlace*, el *Gymnasium* ($\Gamma\mu\nu\alpha\sigma\iota\omega$) de Ecuaciones Lineales ha demostrado la flexibilidad de esta herramienta en el diseño de los cuestionarios de ejercitación o evaluación en términos de la cantidad de ejercicios disponibles, el número de ejercicios de cada cuestionario y la forma cómo se presentan al estudiante (virtual o impresa), permitiendo que se ajuste a las necesidades particulares del contexto donde va a ser aplicado.

El aporte del *Gymnasium* ($\Gamma\mu\nu\alpha\sigma\iota\omega$) de Ecuaciones Lineales en el ámbito de la evaluación formativa, propia de los esquemas de evaluación en ambientes virtuales, hace que se manifieste su fortaleza en cuanto a los procesos permanentes de retroalimentación que –para este caso– se dan de forma automática y en tiempo real validando las actividades desarrolladas por los estudiantes a manera de evaluación permanente y procesual, en contraste con los modelos tradicionales de evaluación.

Si bien es cierto que este documento presenta una serie de estructuras de ecuaciones lineales que, posteriormente, se constituyen como insumo para la programación del *Gymnasium* ($\Gamma\mu\nu\alpha\sigma\iota\omega$) de Ecuaciones Lineales, su flexibilidad otorga que –bajo los mismos esquemas de ecuaciones lineales– se incremente aún más el número

de ecuaciones que puedan conformar los cuestionarios; esto se logra aumentando el rango de las variables globales y locales y, permitiendo que se adapte a la necesidad de cada contexto.

Es cada vez más una exigencia que las políticas estatales estén orientadas a mejorar el acceso a las TIC; en ese sentido, los estudiantes no son ajenos a ese contexto, de forma tal que mostrarles la presencia de esas tecnologías con propósitos educativos –como el caso del *Scientific WorkPlace*– en los procesos de aprendizaje de las ecuaciones lineales, puede convertirse en un factor de motivación que debe representar avances en el desempeño académico de los estudiantes.

Las herramientas TIC –como la propuesta en este *Gymnasium* ($\Gamma\mu\nu\alpha\sigma\iota\omega$) de Ecuaciones Lineales– deben constituirse para los estudiantes en evidencia clara de que las áreas del conocimiento no están aisladas, pues para poder ejercitarse en ellas, es necesario recurrir a sencillas operaciones y procedimientos informáticos que seguramente han sido adquiridos en espacios académicos como los de tecnología e informática, pero que tienen aplicación en matemáticas.

Propuestas como la del *Gymnasium* ($\Gamma\mu\nu\alpha\sigma\iota\omega$) de Ecuaciones Lineales deben mostrar a la comunidad académica que su fundamento no solo es aplicable a otros tópicos de las matemáticas, también a otras áreas del conocimiento, tanto para los niveles de educación básica y media, como en la formación de educación superior.

Las propuestas generadas a partir del uso de las TIC, deben originar en docentes y estudiantes un importante cambio de los paradigmas a los que se ha acostumbrado la educación tradicional, de manera que empiecen a ser cada vez más evidentes en el ejercicio docente, la evaluación formativa, el trabajo autónomo y el trabajo colaborativo, con el ánimo que se permita la interacción entre quienes forman parte de la era digital y los que no.

Enfrentar los desafíos que plantea la sociedad actual, en particular, en lo que se refiere al aspecto educativo, exige de los docentes la transformación a nuevas metodologías y estrategias, de acuerdo con lo que impacta a los estudiantes en ámbitos diferentes al escolar.

REFERENCIAS

- [1] J. Murray, *A dictionary of greek and roman antiquities*, London, 1875.
- [2] Pedró y F. Benavides, Políticas educativas sobre nuevas tecnologías en los países iberoamericanos, *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 45, 2007.
- [3] M. Sepúlveda e I. Calderón, Las TIC y los procesos de enseñanza-aprendizaje: la supremacía de las programaciones, los modelos de enseñanza y las calificaciones ante las demandas de la sociedad del conocimiento, *Revista Iberoamericana de Educación*, Vol.44(5), Noviembre de 2007.
- [4] P. Teherán, J. Carriazo y J. León, Blended learning applied to an introductory course on conceptual physics, *iJOE*, Vol.6(3), August 2010.
- [5] R. Quesada, Evaluación del aprendizaje en la educación a distancia ‘en línea’. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, número M6 (número especial dedicado a la evaluación en entornos virtuales de aprendizaje), Septiembre de 2006.
- [6] M. Ronchetti, Using video lectures to make teaching more interactive, *International Journal of Emerging Technologies in Learning, iJET*, Vol. 5(2), June 2010.
- [7] J. Bergmann, J. Overmyer y B. Wilie, The Flipped Class: what it is and what it is not, *The Daily Riff*, July 2011.
- [8] D. Spencer, D. Wolf y A. Sams, Are you ready to flip?, *The Daily Riff*, July 2011.
- [9] B. Bennett, J. Kern, A. Gudernath y P. McIntosh, The Flipped Class: what does a good one look like?, *The Daily Riff*, July 2011.

AUTORES

Jairo Alfonso García García Docente Secretaría de Educación de Bogotá e investigador de la línea de investigación Enseñanza-Aprendizaje, Evaluación y Didáctica de las Ciencias del grupo Lev Semiónovich Vígodski, COL0063677
(E-mail: jaagarciaaga@unal.edu.co).

Julio César León Luquez Docente e investigador de la línea de investigación Enseñanza-Aprendizaje, Evaluación y Didáctica de las Ciencias del grupo Lev Semiónovich Vígodski, COL0063677. Profesor Maestría en Educación con Énfasis en Informática

Educativa Universidad Libre. Asesor del área de virtualidad de la Fundación Universitaria Horizonte.
(E-mail:virtualidad@unihorizonte.edu.co; jcleonl@gmail.com).

Rogelio Manuel Alvarado Martínez Docente e investigador de la la línea de investigación Enseñanza-Aprendizaje, Evaluación y Didáctica de las Ciencias del grupo Lev Semiónovich Vígodski de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia.
(E-mail: rmalvaradom@unal.edu.co).

Plinio del Carmen Teherán Sermeño Líder del grupo Lev Semiónovich Vígodski COL0063677. Profesor asistente en dedicación exclusiva, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia (E-mail: pcteheranserme@unal.edu.co).

Citar este artículo como:

García, J., León, J.C., Alvarado, R.M., y Teherán, P. Propuesta didáctica para entrenamiento y evaluación de ecuaciones lineales mediante el uso de herramientas TIC, *Revista TECKNE*, 13(1):7-16. 2015.

FE DE ERRATAS

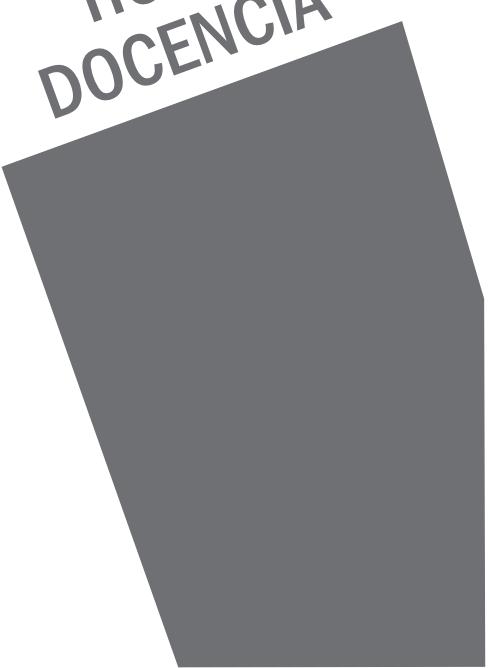
El presente artículo debió ser publicado en el volumen 12(1):66-75. En este número, el artículo “Propuesta Didáctica para Entrenamiento y Evaluación de Ecuaciones Lineales Mediante el uso de Herramientas TIC” aparece dentro de la tabla de contenido, pero en su lugar se publicó el artículo “Análisis documental del proceso para la toma de decisiones en minería de carbón en Colombia”.

La Revista Teckne presenta a los autores de este artículo, a la comunidad científica y a los lectores, sus más sinceras disculpas por dicho incidente.

Agradecemos su comprensión.

Cordialmente,

Comité Editorial Revista TECKNE.



TICS Y
DOCENCIA

USO DE LAS TIC EN UN GRUPO DE DOCENTES UNIVERSITARIOS

THE USE OR ICT IN A GROUP OF UNIVERSITY PROFESSORS

E. Gómez-Ramírez,¹ A.P. Calvo-Soto¹ y L.T. Ordoñez-Mora¹
¹Fundación Universitaria María Cano, extensión Cali, Colombia

RESUMEN

La introducción de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el ámbito de educación superior, ha permitido a las universidades irse adaptando a los cambios tecnológicos e incluirlos, poco a poco, en sus programas educativos. Esta investigación muestra los resultados de un estudio de caso realizado con el objetivo de identificar el uso que los docentes hacen a las TIC en sus procesos de enseñanza-aprendizaje. Para esto, se contó con la participación de 62 docentes de una institución de educación superior de la ciudad de Cali. La investigación fue de tipo descriptivo con diseño transversal. Los datos se recolectaron a través de un instrumento diseñado de acuerdo con los objetivos de la investigación. Resultados: los docentes refieren estar capacitados en el uso de las TIC, pero manifiestan deficiencia en las habilidades para su aplicación en el aula. Reconocen el uso frecuente de las más elementales, como el correo electrónico y la lectura digital, mas puntualizan en las dificultades que se les presenta en la utilización de las más complejas (videoconferencias, publicaciones en portal y otras). Se concluye que los docentes tienen deficientes habilidades para la utilización de las TIC, y refieren emplearlas con frecuencia en actividades de baja complejidad.

PALABRAS CLAVE: docente, enseñanza superior, práctica pedagógica, tecnología de la información.

ABSTRACT

The introduction of information and communication technologies in the field of higher education has allowed universities to adapt to the technological changes and include them little by little in their educational programs. This research shows the results of a case study, conducted with the aim of identifying the use that teachers made to ICT in their teaching and learning processes. It was attended by 62 teachers of an institution of Higher Education in the city of Cali. The research was descriptive with cross-sectional study design. The data was collected through an instrument designed according to the objectives of the research. Results: teachers reported being trained in the use of TIC, but are deficient in the skill of practical application in the classroom. They make frequent use of the most basic such as e-mail and digital reading, but they encounter difficulties in the use of the more complex applications (videoconferencing, publications in portal, etc). It is concluded that teachers have poor skills for the use of ICT and only use them frequently in activities of low complexity.

KEYWORDS: teachers, higher education, teaching practice, Information technology.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las TIC han incursionado en el ámbito educativo con el objetivo de transformar y flexibilizar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Entre las contribuciones que han hecho a este campo, se encuentra un abanico de posibilidades de uso que puede situarse, tanto en el ámbito de la educación a distancia como en el de modalidades de enseñanza presencial. Esto supone nuevos entornos, y requiere otros enfoques para entenderlos, diseñarlos e implementarlos [1].

En el nivel de educación superior es evidente dicha incursión, ya que muchas de las Instituciones de Educación Superior (IES) han abierto la oferta de sus programas educativos a través de la mediación de los entornos virtuales de aprendizaje (cursos, diplomados, especializaciones, maestrías y doctorados), con el propósito de ampliar la cobertura educativa y facilitar el acceso a aquellos que tienen dificultad para cursar programas de formación presencial.

Desde el ejercicio docente también es notoria la utilización de las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza en el aula. Pero si bien la educación mediada por las TIC tiene sus beneficios, también se han reportado situaciones desventajosas en el proceso de su implementación.

Algunas investigaciones realizadas en el contexto internacional han evidenciado que uno de los principales factores que obstaculizan el proceso de implementación, corresponde a la resistencia de los docentes frente al uso de las TIC al interior del aula. Pelgrum y Law, citados por Unesco [1], referencian que “aunque es un tema poco estudiado, un grupo de países como Luxemburgo, Sudáfrica, República Checa y Lituania, reportaron esta situación en alrededor del 40 % de su personal docente”. El panorama nacional no difiere mucho del internacional, pues la investigación titulada ‘Concepciones sobre el uso de las TIC de docentes universitarios en la práctica educativa’ [2] evidencia que los docentes de los programas académicos evaluados no poseen por completo, las habilidades ni los conocimientos al momento de usar las TIC.

Sumado lo anterior a la falta de capacitación docente, se pueden referenciar otros aspectos que limitan la incursión de las TIC en lo educativo, como por ejemplo, la existencia de falencias en el diseño de material didáctico, pues este no contiene las características propias para trabajar en entornos virtuales de aprendizaje o con el apoyo de las TIC. Del mismo modo, se evidencia la falta de políticas y estrategias institucionales para la implementación y uso adecuado de las TIC en las IES; sin dejar de lado situaciones relacionadas con la deficiencia en la infraestructura tecnológica, poco acceso al trabajo en red, inconvenientes con el trabajo colaborativo, deficiente comunicación entre el docente y el estudiante, entre otros aspectos [3].

Determinar el uso que los docentes dan a las nuevas tecnologías en su práctica pedagógica, permite acercarse a la realidad de implementación de las TIC en la institución donde se realizó el estudio; por eso, se espera que con los resultados de esta investigación se avance en una reflexión crítica, que permita generar estrategias que favorezcan la implementación y uso de las TIC en el aula, pero sobre todo, que dejen comprender que las nuevas tecnologías en el contexto educativo deben superar la barrera de uso instrumental y trascender en la creación de estructuras mentales que aporten a la verdadera construcción de una sociedad de conocimiento, y no solo de transmisión de información.

Tomando lo anterior como referente, el propósito de la investigación estuvo orientado a identificar –a partir de la caracterización sociodemográfica y académica de un grupo de docentes vinculados a una institución de educación superior de la ciudad de Cali– los usos de las TIC.

II. REFERENTES TEÓRICOS

Las TIC se definen como:

Un grupo de elementos y técnicas usadas en el tratamiento y la trasmisión de la información, principalmente, de informática, Internet y telecomunicaciones. Se les conoce como un conjunto de tecnologías de información y comunicación que permite adquirir, producir, almacenar, tratar y comunicar información en diferentes formas: voz, datos, imágenes y datos contenidos en señales de naturaleza acústica, óptica o electromagnética [4].

La implementación de las TIC en el campo de la educación superior se ha convertido en una estrategia valiosa para dinamizar las actividades de enseñanza y aprendizaje. En este proceso se ha referenciado al docente como uno de los principales protagonistas, porque debe enfrentarse a nuevos retos, requiriendo para ello tener una percepción más amplia y compleja, y transformarse ante los cambios presentados por la sociedad del conocimiento. Por lo tanto, la educación superior está llamada a jugar un papel cada vez más importante, no solo en la formación de profesionales, sino fundamentalmente, en la generación de nuevos conocimientos que respondan a las necesidades de la sociedad en el corto, mediano y largo plazo [5].

Al señalar lo que el maestro entiende y aplica en su práctica educativa, se refleja una tendencia en la utilización de términos sinónimos como concepciones, creencias, representaciones, pensamientos y percepciones. Para hacer referencia a las concepciones, es preciso detallar que estas corresponden a la suma de varios aspectos donde se pueden reconocer muchas acciones, momentos y procesos de construcción mental impactados por vivencias individuales y colectivas que afectan su significado. Toda concepción tiene dos componentes: uno tiene que ver con el qué se concibe y, el otro, con cómo se concibe. “Las concepciones conforman los marcos de referencia desde los que actúa el ser

humano; son el prisma a través del que percibe y el contexto sobre el que procesa la información” [6].

Otras posturas señalan que las concepciones son un conjunto de principios, valores, convicciones y puntos de vista acerca de la realidad que determinan la actitud hacia ella y la orientación de la actividad de una persona, un grupo, una clase social o la sociedad en su totalidad, “la concepción está configurada por la unión, más o menos armónica, de elementos pertenecientes a todas las formas de la conciencia social (es decir, por criterios filosóficos, políticos, morales, estéticos, etcétera)” [7].

En ese sentido, de acuerdo con lo planteado por los autores anteriores, se puede establecer que las concepciones están ligadas a la opinión o al juicio que el docente tiene en su mente acerca del uso de las TIC en su práctica educativa, que dependerá en gran medida, entre otros aspectos, del contexto donde se desarrolle y, del impacto cultural y social.

Al respecto, varias investigaciones –que plantearon como objetivo determinar los niveles de comprensión de los docentes frente al uso de las TIC y su práctica educativa– destacan un estudio que indagó sobre las creencias de los docentes de educación superior acerca de su uso, concluyendo, entre otras situaciones, que no creen en la imposición de este tipo de tecnologías en los procesos de formación integral de manera tajante, sino que apuestan por su sensibilización y apropiación en el ámbito educativo [8].

Otros estudios [9] aseguran que es fundamental realizar investigaciones que tengan como propósito indagar por el maestro, desde sus creencias, concepciones, prácticas y otros, debido a que este se encuentra influenciado por aspectos como las exigencias de la sociedad de la información –que ocasionan que los maestros asuman nuevos retos, muchas veces sin preparación alguna– o el cuestionamiento constante, entre otros, de las estrategias de enseñanza utilizadas en clase.

Cómo los maestros asuman estos retos y se adapten al cambio, dependerá, en gran medida, de las concepciones que tengan con relación al uso de las TIC en el aula; lo que repercute en la frecuencia con la que se emplean, y de manera importante, en el verdadero propósito de su utilización en el contexto educativo.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación realizada fue de tipo descriptivo, con un enfoque cuantitativo y diseño transversal. Se desarrolló en la ciudad de Santiago de Cali, en el año 2013. Se trató de un estudio de caso. La población objeto de estudio estuvo conformada por docentes universitarios de tiempo completo, medio tiempo y hora cátedra. Se diseñó y aplicó un instrumento tipo encuesta autodiligenciable, de construcción de los investigadores. Previo a la aplicación, el instrumento se sometió a evaluación de un panel de expertos; tres ingenieros de sistemas hicieron aportes acerca de la construcción y entendimiento de las preguntas. Posteriormente, se realizó una prueba piloto con diez docentes de otra institución de educación superior cuyas características eran similares a las de la población que participó en el estudio; esto, con el fin de determinar si el instrumento daba cumplimiento a los objetivos planteados en la investigación. El instrumento no fue sometido a validación estadística, dado que, como investigadores, se consideró que el ejercicio realizado de verificación con el panel de expertos y colegas pares, ofrecía un nivel de confiabilidad suficiente para los alcances del proyecto.

La estructura de la encuesta planteó tres secciones de análisis conformadas por 32 preguntas, distribuidas en tres apartados: la primera, estuvo relacionada con características sociodemográficas y académicas como la edad, el sexo, estrato socioeconómico, el tipo de vinculación laboral, nivel de formación de los docentes, entre otras; la segunda, se enfocó en el dominio para el uso de las TIC en determinadas situaciones. En este punto, se les presentó a los participantes un listado de actividades y una escala de valoración para medir su dominio en la utilización de las TIC, de acuerdo con los conocimientos, habilidades y destrezas señalados. En ese sentido, la escala estuvo conformada por las siguientes categorías: (a.) deficiente: no alcanza los conocimientos, habilidades o destrezas señalados; (b.) aceptable: alcanza medianamente los conocimientos, habilidades o destrezas señalados; (c.) sobresaliente: alcanza los conocimientos, habilidades o destrezas señalados; (d.) excelente: superó ampliamente los conocimientos, habilidades o destrezas señalados.

Finalmente, la tercera, se insertó con el propósito de identificar la frecuencia de utilización de las TIC. Estas preguntas estuvieron orientadas a describir una serie de actividades desarrolladas con tecnología

y relacionadas con la frecuencia de su uso por los docentes en sus actividades académicas, que fueron valoradas a través de la siguiente escala: (a.) siempre, (b.) casi siempre, (c.) algunas veces y (d.) ninguna.

Los docentes diligenciaron la encuesta a través de la plataforma *Survey*, previa autorización de consentimiento informado. Con los datos recogidos se realizó un análisis univariado, con el que se obtuvieron medidas de tendencia central para las variables cuantitativas y cualitativas y, tablas de frecuencia con valores absolutos y porcentajes. Los datos fueron procesados con el paquete estadístico SPSS®, versión 11.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. DISTRIBUCIÓN DE VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS Y ACADÉMICAS

Respecto a los participantes se halló que el 59.6 % de los docentes son hombres; de ellos, el 30.6 % se encuentra en el rango comprendido entre los 31 y 41 años. La edad media encontrada fue de 43 años, la mínima de 27 años y la máxima de 67 años. Con relación al tipo de vinculación laboral, el 48.3 % corresponde a docentes de tiempo completo. Sobre el tiempo de práctica docente, el 31 % de los encuestados manifestó tener experiencia de un periodo comprendido entre uno y cinco años y, el 26 % entre seis y diez años. A este grupo de docentes se le preguntó conocimientos sobre las nuevas tecnologías, el 83 % refirió haberse capacitado sobre el tema; de este grupo, el 66 % expresó que la capacitación la ha realizado por cuenta propia. Los datos descritos son similares a los encontrados en otro estudio [10] para las variables de la edad, sexo y estrato socioeconómico, dicha investigación se realizó sobre la misma temática en el contexto de educación superior. Por lo tanto, la mayoría de docentes participantes del estudio se encontraba en fase de exploración de saberes profesionales; etapa decisiva para la estructuración de la práctica profesional y desempeño docente [11].

Tabla 1.
Dominio del uso de las TIC en actividades específicas

Actividad	Deficiente	Aceptable	Sobresaliente	Excelente
Acceder y manipular bases de datos	3 (4.84%)	25 (40.32%)	19 (30.65%)	16 (25.81%)
Elaborar presentaciones	2 (3.25%)	18 (29.03%)	14 (22.58%)	27 (43.55%)
Lectura de publicaciones en línea	9 (14.58%)	22 (35.48%)	14 (22.58%)	17 (27.42%)
Creación de blog y publicación de información	3 (4.84%)	20 (32.26%)	17 (27.42%)	22 (35.48%)
Realización de videoconferencias con los estudiantes.	21 (33.87%)	21 (33.87%)	10 (16.13%)	10 (16.13%)
Utilización de procesadores de texto	7 (11.29%)	16 (25.81%)	17 (27.42%)	22 (35.48%)
Utilización de hojas de cálculo	8 (12.90%)	19 (30.65%)	17 (27.42%)	18 (29.03%)

Fuente: diseño propio

También se logró evidenciar que –para el desarrollo de actividades que generaban mayor complejidad al momento de utilizar las TIC– los docentes se autoevaluaron con destrezas deficientes para la creación de *blogs* y publicación de información; lo mismo que para la realización de videoconferencias con los estudiantes. En cuanto a actividades que podrían catalogarse de menor complejidad como la utilización de procesadores de texto, hojas de cálculo, foros virtuales y acceso a bases de datos, manifestaron alcanzar, medianamente, los conocimientos, las habilidades o las destrezas necesarias, es decir, se autoevaluaron de manera aceptable.

Un porcentaje considerable de docentes se calificó excelente para actividades menos elaboradas como el uso de los procesadores de texto, la lectura de publicaciones en línea y la elaboración de presentaciones (ver Tabla 1).

Estos datos se relacionan con otros resultados [12] donde se afirma que la mayoría de los profesores son capaces de utilizar diferentes formatos de archivos, e integrar texto e imágenes en documentos, pero existe un porcentaje considerable con deficiencias en el uso de algunas de las TIC, como los buscadores, metabuscadores y el trabajo colaborativo en entornos diseñados para este fin.

Para conocer cuál era la frecuencia de uso que los docentes hacían de las TIC en su labor cotidiana, se les presentó una lista de actividades que tuvo, como parámetros de medición, cuatro opciones: (a.) siempre, (b.) casi siempre, (c.) algunas veces y (d) nunca. El 91.93 % de los encuestados siempre consideró hacer uso de las TIC en las asignaturas que orientaba, pero al preguntar por las acciones más concretas de uso, se pudo determinar que las actividades que los docentes desarrollaban con mayor frecuencia, fueron las relacionadas con la baja complejidad, como por ejemplo, el envío de información académica a través del correo electrónico a los estudiantes, la lectura de documentos digitales, el uso del *video beam* y la creación de material didáctico digital. Por otra parte, la mayoría refirió no realizar nunca actividades como publicar en el portal institucional, hacer foros virtuales y desarrollar clases a través de videoconferencias. Al confrontar estos datos con lo que referenciaron los docentes en su proceso de autoevaluación en el dominio del uso de las TIC, se encuentra que existe una relación, directamente proporcional, entre las habilidades que manifestaron tener y algunas situaciones de uso de las TIC, que se reflejan también en la frecuencia de su uso

en la labor docente; así, por ejemplo, la mayor cantidad de participantes (35.48 %) consideró tener deficiencia en las destrezas que se requieren para la realización de videoconferencias con los estudiantes; y al momento de indagar por la práctica de esta misma actividad, el mayor porcentaje de docentes (68 %) contestó nunca utilizarlas (ver Tabla 2).

Tabla 2 .
Frecuencia de utilización de las TIC en algunas situaciones

Actividad	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Nunca
Uso correo electrónico para envío de información académica.	34 (49%)	17 (24%)	7 (10%)	4 (17%)
Publicación de información en el portal institucional.	12 (19%)	6 (10%)	9 (15%)	35 (56%)
Realización de foros virtuales.	5 (8%)	4 (7%)	12 (19%)	41 (66%)
Uso de videos como ayuda didáctica.	8 (13%)	13 (21%)	28 (45%)	13 (21%)
Lectura de documentos digitales	22 (36%)	18 (29%)	17 (27%)	5 (8%)
Uso de bases de datos institucionales.	22 (35%)	21 (34%)	14 (23%)	5 (8%)
Uso de videoconferencias para clases.	1 (2%)	0 (0%)	18 (30%)	41 (68%)
Creación de material didáctico digital.	16 (26%)	7 (11%)	23 (37%)	16 (26%)

Fuente: diseño propio

Los resultados obtenidos en este estudio reafirman y se relacionan con lo observado por otros investigadores en esta temática, ya que afirman que los docentes no han notado las bondades didáctico-investigativas que trae la incorporación de las TIC a su práctica educativa, posiblemente porque su interés se ha centrado más en los aspectos técnicos, que en los didácticos-educativos ; es decir, se han preocupado por las potencialidades técnicas, calidad de imagen, lenguajes de programación, entornos, transferencia de ficheros, etcétera; que, por la manera como diseñan los mensajes en función de las características de sus receptores, las estrategias y técnicas que utilizan y las repercusiones que pueden tener las estrategias de evaluación que apliquen [13].

Es importante mencionar que en la actualidad, después de realizada esta investigación, la institución ha generado varias acciones que han permitido fortalecer el conocimiento y usar las TIC en la cotidianidad docente. Entre las acciones más destacadas se encuentran el fortalecimiento del plan de capacitación docente en tecnología, actualización de la infraestructura tecnológica institucional, adquisición de licencias para uso de bases de datos académicas, generación de contenidos multimedia como audioclases y teleclases, dotación de recursos tecnológicos en las aulas de clase, así como el incremento en la participación de los docentes a través de redes académicas virtuales, entre otros aspectos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados comprobaron falencias de los docentes

en la introducción y apropiación de las TIC a su práctica pedagógica y didáctica. La utilización que dan a la tecnología es más de carácter instrumental, pues al autoevaluarse consideraron que, en relación con el conocimiento de dichas tecnologías, como en su uso, se desempeñan mejor en actividades básicas como enviar y recibir información a través del correo electrónico.

Pese a que los docentes señalaron estar capacitados en la temática, este hallazgo reflejó la deficiente preparación y disposición que los participantes del estudio tuvieron para introducir las nuevas tecnologías al contexto educativo, a pesar de que la institución donde laboran posee la infraestructura tecnológica adecuada para ello.

Como limitante principal en esta investigación, se reporta un índice de participación docente inferior al estimado. Situación que se puede relacionar con cómo se divulgó el instrumento, es decir, la modalidad *online*. También, porque en cinco oportunidades se enviaron un cuestionario y mensajes de recordación a los correos electrónicos de los participantes que, en muchos casos, no fueron respondidos. De manera sugerente, esta situación podría dejar entrever la escasa afinidad que tienen los docentes con el uso de los recursos digitales; situación que refleja el tipo de articulación que hay entre las TIC y el ejercicio docente.

En definitiva, se plantean como recomendaciones:

El desarrollo de programas de capacitación docente que incluyan características particulares de formación del profesorado, en relación con el uso y apropiación de las TIC, tomando no solo la formación instrumental, sino también las formas de articulación de esas tecnologías a los proyectos curriculares, a fin de aportar, de manera significativa, a la construcción de una verdadera sociedad del conocimiento que permita además de crearlo, transferirlo y aplicarlo para dar solución a problemáticas sociales reales.

Al interior de las IES deben fomentarse espacios de reflexión crítica sobre la importancia del rol docente en la articulación de las TIC en los procesos educativos, a la vez que se puedan trabajar ideas de generación de proyectos tecnológicos que promuevan la alfabetización digital. Las IES deben dar relevancia a las concepciones y las prácticas tecnológicas de los docentes, dado que de ellas depende la trasmisión que realizan a los estudiantes que están a su cargo. De ninguna manera se puede olvidar que la mayoría de los alumnos en formación ha nacido en una era en la que las

personas se familiarizan con la tecnología con extrema naturalidad.

Los resultados ponen en evidencia aspectos interesantes que se deben tener en cuenta; por ejemplo, la percepción positiva que expresaron los docentes hacia el uso de las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje, dado que manifestaron interés e iniciativa propia para la financiación de las capacitaciones relacionadas con la temática. Otro aspecto por resaltar, es que la mayoría de los docentes que participaron en el estudio tiene nivel de formación de maestría; esta situación podría considerarse como buen indicador de apertura docente para los procesos de capacitación que las IES sugieren en la temática de las TIC.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Fundación Universitaria María Cano, extensión Cali, por permitir el desarrollo de este proceso reflexivo.

REFERENCIAS

- [1] Unesco y Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología, *La integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en los Sistemas Educativos*. 2006. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001507/150785s.pdf>.
- [2] A. García, *Concepciones sobre el uso de las TIC de docentes universitarios en la práctica educativa*, 2011. Disponible en: <http://www.slideshare.net/OECCUninorte/concepciones-de-los-docentes-sobre-el-uso-de-las-TIC-en-su-prctica-educativa>.
- [3] E. A. López y C.A. Velásquez, *Una mirada crítica al papel de las TIC en la educación superior en Colombia*, 2010. Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/email/article/viewFile/12623/13229>.
- [4] A. García-Valcárcel, Tecnología educativa, implicaciones educativas del desarrollo tecnológico, Madrid: *La Muralla*, p. 346, 2003.
- [5] A. Romero, Universidad y globalización. *Revista de Ciencias Sociales*, (VII), pp. 141-151, 2001.
- [6] R. Arbeláez, *En el reconocimiento de las concepciones docentes se encuentra el camino del mejoramiento continuo de la calidad docente* (s.f.). Disponible en: <http://www.uv.es/arbelaez/v2n210reconocimientodeconcepciones.htm>.
- [7] L. Castro-Kikuchi, *Diccionario de Ciencias de la Educación*. Lima: Ceguro Editores, 2005.
- [8] J. Padilla, C. Páez y D. Montoya, *Creencias de los docentes acerca del uso de las tecnologías de información y comunicación*, 2008. Disponible en: <http://www.umng.edu.co/documents/63968/80129/ArticuloV2No2DrPadilla.pdf>.
- [9] A. Hargreaves, *Enseñar en la sociedad del conocimiento*. Barcelona: Octaedro, 2003.
- [10] J.E. Jaimes y M. Vivas, *Percepciones de los docentes universitarios sobre las Tecnologías de la Información y la Comunicación*, 2011. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/dspace/bitstream/123456789/34327/1/articulo6.pdf>.
- [11] M. Huberman, *La vie des enseignants. Évolution et bilan d'une profession*. Neuchâtel-París: Lausanne Delachaux et Niestlé, 1989.
- [12] T. Guzmán, M. García y R. Chaparro. Formación docente para la integración de las TIC en la práctica educativa. *Revista Apertura, Norteamérica*, 3 de junio de 2012. Disponible en: <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura3/article/view/181/196>.
- [13] J. Cabero, *Incidentes críticos para la incorporación de las TIC en la universidad*, 2010. Disponible en: http://tecnologiaedu.us.es/nweb/htm/pdf/281103_1.pdf.

AUTORES

Esperanza Gómez Ramírez. Fisioterapeuta, especialista en alta gerencia. Fundación Universitaria María Cano. Magister en Educación y Desarrollo Humano. Universidad San Buenaventura Cali. Investigadora. Fundación Universitaria María Cano. Cali-Valle (E-mail: investigacionescali@fumc.edu.co)

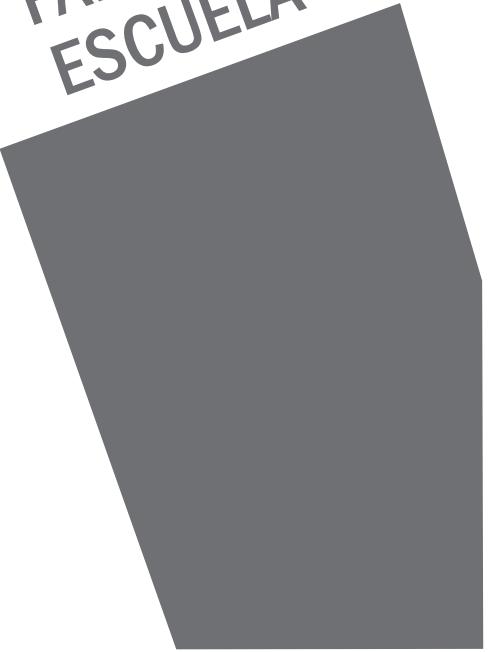
Andrea Patricia Calvo Soto. Fisioterapeuta, especialista en investigación social. Universidad del Valle. Magister en Salud Ocupacional. Universidad del Valle, Docente Investigador Fundación Universitaria María Cano, Cali-Valle (E-mail: andreapatricia.calvosoto@fumc.edu.co)

Leidy Tatiana Ordóñez Mora. Fisioterapeuta, especialista en neurorehabilitación. Universidad Autónoma de Maizales. Magister en Neurorehabilitación. Universidad Autónoma de Maizales. Docente Investigador Fundación Universitaria María Cano, Cali-Valle. (E-mail:

leidytatianaordonezmora@fumc.edu.co)

Citar este artículo como:

Gómez-Ramírez,E., Calvo-Soto, A.P. y Ordóñez-Mora, L.T. *Uso de las TIC en un grupo de docentes universitarios, Revista TECKNE, 13(1):18-24. 2015.*



FAMILIA Y
ESCUELA

TENSIONES ENTRE LA FAMILIA Y LA ESCUELA. UNA MIRADA DESDE LAS CONDICIONES CONTEMPORÁNEAS DE AMÉRICA LATINA

TENSIONS BETWEEN FAMILY AND SCHOOL.
AN OVERVIEW FROM THE STAND POINT OF CONTEMPORARY CONDITIONS IN LATINAMERICA

G. Sandra¹

¹ Instituto de Astrobiología de Colombia

RESUMEN

La presente investigación plantea seis posibles tensiones que pueden generarse entre la familia y la escuela en algunas condiciones contemporáneas identificadas en América Latina. La construcción categorial de familia y escuela contemporánea, situadas en el contexto latinoamericano, constituyó el punto de partida para establecer –desde los referentes teóricos–, características y necesidades de ambas instituciones por lo que a partir de una mirada émica y bidireccional se trianguló ésta información con la obtenida en una institución educativa de Bogotá, que sirvió para identificar las características, insuficiencias y posibilidades que cada una de estas organizaciones tiene en tres aspectos educacionales: ambiente escolar familiar, formación académica, y valores o normas.

PALABRAS CLAVE: América Latina, contemporaneidad, escuela y familia

ABSTRACT

This research raises two possible tensions that can arise between family and school in some contemporary conditions identified in Latin America. The categorical construction of contemporary family and school found in the Latin American context, was the starting point to establish from the theoretical framework: the nature and needs of both institutions. From an emic and bidirectional perspective, this information was triangulated with information obtained in an educational institution in Bogota, while identifying the characteristics, needs and possibilities of each institution with respect to the other in three educational aspects: school / family atmosphere; academic training and / or values, and norms.

KEYWORDS: Latin America, contemporaneity, school and family

I. INTRODUCCIÓN

El presente artículo describe el objetivo, metodología y resultados de una tesis de maestría en Educación que fue realizada, entre los años 2011 y 2013, en la Universidad Pedagógica Nacional; también se refiere a la continuidad en su desarrollo y alcance. El propósito fundamental de este artículo es establecer las posibles tensiones que se generan entre la familia y la escuela en un contexto latinoamericano permeado por unas condiciones contemporáneas que modifican las características, necesidades y posibilidades de ambas instituciones y sus actores.

El punto de partida es la identificación de los siguientes aspectos problema relacionados con el vínculo familia-escuela en la contemporaneidad:

- a. En América Latina han venido sucediendo ciertas transformaciones a nivel económico, político, social y cultural, que modifican la estructura de sus instituciones y las relaciones entre ellas.
- b. La familia y la escuela, como instituciones sociales, se reconfiguran dentro del panorama contemporáneo de América Latina, constituido principalmente por fenómenos emergentes en la última década. La globalización, el neoliberalismo, el avance de la tecnología y las tendencias de pensamiento posmoderno, son algunos de ellos.
- c. Frente a los desafíos que tiene la educación en este contexto contemporáneo, los educadores tienen la obligación de conocer e interpretar los nuevos escenarios escolares y transformarlos en pro de

- una educación de calidad.
- d. El vínculo familia-escuela también ha tenido cambios significativos a través de la historia; lo que se considera hoy por hoy “un asunto pendiente” [1] entre las dos instituciones, debido al distanciamiento, falta de comunicación y conflicto presente en la actualidad.
 - e. Algunas investigaciones han abordado el vínculo familia-escuela desde un enfoque cuantitativo o cualitativo, principalmente, desde la mirada de la escuela; asimismo, han considerado la familia y la escuela, desde un marco tradicional.

Este trabajo se hizo desde la perspectiva de la investigación en educación, con aportes de la sociología de la enseñanza; reconoce el sentido y significado de la perspectiva de padres y docentes, privilegiándolos como actores escolares, desde un enfoque interpretativo-hermenéutico.

II. REFERENTES TEÓRICOS

A. ESCENARIO CONTEMPORÁNEO DE AMÉRICA LATINA

La década del noventa en América Latina, es sin lugar a dudas, la época neoliberal por excelencia. Durante ese periodo se evidencia el disparo del desempleo y el aumento de empleos informales. Aparecen los primeros estudios sobre la globalización, no solo en términos económicos, también culturales; asimismo, surgen en dicho continente estudios referentes a la sociedad del conocimiento y de la información.

En pleno siglo XXI, América Latina sigue experimentando cambios a raíz de la globalización y el modelo económico neoliberal, se introduce con fuerza el concepto de ‘sociedad del conocimiento’ o ‘sociedad de la información’, enmarcando en una noción ambigua las fuertes reformas en el campo educativo, económico y cultural a través del nuevo, fácil y rápido acceso a la información y a la gestión del conocimiento inmediato; un conocimiento que caduca a la misma velocidad con la que las personas se conectan a Internet. En ese orden de ideas, se puede decir, de manera general, que América Latina en el siglo XXI es una región con tendencias de democratización y economías en desarrollo.

Ariza y Oliveira [2] destacan que los aspectos socioeconómicos de las últimas décadas son los que más han trastocado referentes básicos de la vida social, como el aumento de los movimientos migratorios en los últimos años; la intrusión de valores y culturas propias

de otros países (poniendo en crisis la identidad); la nueva comprensión del tiempo y el espacio (debido al auge de las tecnologías de la información); el incremento del trabajo informal, de tiempo parcial, del subempleo y el desempleo; así como el agrandamiento de las condiciones precarias del trabajador –en términos de Sennet [3] “los efectos perversos del nuevo neocapitalismo”– la acentuación creciente de las economías de servicios (la tercerización de la economía) y la incursión de la mujer en el mercado laboral.

Otros cambios están relacionados con el número de miembros que aportan económicamente en la familia (por la fuerte influencia del consumismo); la prolongación de los roles familiares que aumentan la escolaridad en varias etapas de la vida y la tardía escisión del núcleo familiar (ya que entran en crisis paradigmas como el matrimonio y el conocimiento absoluto); la nueva concepción de la feminidad (debido la planificación familiar, la ocupación de cargos directivos por mujeres y sus posibilidades de aportar económicamente al hogar); la exposición continua a otras culturas por influencia de los medios de comunicación; las relaciones diferentes entre padres e hijos y, el debilitamiento de los paradigmas absolutistas de la ciencia sumado a una educación puesta al servicio de la economía [4]. Esta última situación modifica sustancialmente la función y la esencia de la escuela y su relación con otras instituciones.

B. FAMILIA CONTEMPORÁNEA

A partir de la Convención sobre los derechos del niño se reconocen y aceptan las diversas configuraciones y estructuras familiares, asumiéndolas como aptas y capacitadas para la crianza y constitución de la identidad de los menores; además, se le otorga a la familia el carácter de medio natural y es definida como un grupo fundamental de la sociedad para el crecimiento y el bienestar de todos sus miembros, en particular, de los niños [5]. Estas nuevas formas de familia pueden existir por los cambios en la conformación de las parejas (ausencia o postergación del matrimonio), las relaciones sexuales sin convivencia y la cohabitación.

Debido a la caída de la tasa de fecundidad de las mujeres (excepto en el caso del embarazo adolescente), existe una disminución en el porcentaje de familias nucleares clásicas modelo biparental; lo mismo que un aumento en las familias uniparentales, sin hijos, extendidas y compuestas; esto, puede estar relacionado con el aumento de la soltería, de las separaciones y divorcios, de las migraciones y de la esperanza de

vida. Se mantiene la proporción de familias extendidas (padres, hijos y otros parientes) y compuestas (incluye la presencia de no parientes) [6] (ver Figura 1)

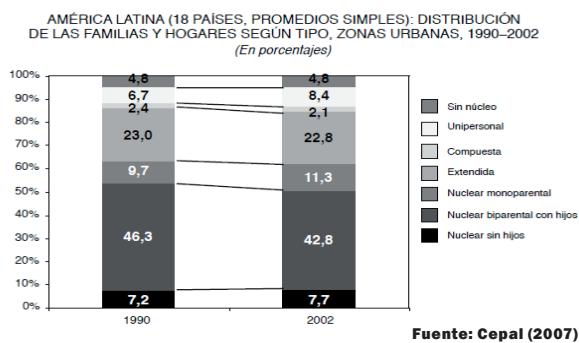


Figura 1. Distribución de las familias y hogares según tipo, en el periodo comprendido entre 1990 y 2002 en América Latina

Los roles familiares contemporáneos tienen rasgos de individualismo y son más prolongados. La escolaridad (ampliada a más niveles educativos que abarcan la niñez, adolescencia e incluso la adulzete); la evasión hacia el compromiso y la crisis del matrimonio, conllevan a que los hijos permanezcan más tiempo en el hogar

Los padres prefieren el diálogo y la comunicación que los regaños o castigos que recibieron de sus progenitores. Frente a la figura patriarcal, destacada en la modernidad, existe una transición a la ‘familia pospatriarcal’ [7], a una individualización creciente de la mujer y el hombre, hacia familias conformadas por parejas cuya unión depende más de una opción individual en donde priman las recompensas afectivas y económicas, que las que dicha unión procura. La mujer contemporánea es diferente a la moderna, y eso cambia la configuración del rol de madre que ejerce a nivel familiar. Hoy en día, la carrera profesional de una mujer y la felicidad que le produce realizarse como madre o esposa, pueden transcurrir de forma paralela. Existe una preferencia a ser mujer que a ser madre [8]. Aunque a pesar, del profesionalismo de la mujer o la ocupación en cargos equivalentes a los del hombre, sigue siendo, en la mayoría de los casos, la esposa responsable de la supervisión o ejecución de las tareas domésticas.

No obstante, la flexibilización del empleo, las jornadas laborales extensas o las condiciones precarias de los empleos informales, ocasionan que en algunas familias, mientras que la madre y el padre trabajan, los hijos permanezcan, la mayor parte del tiempo, solos o bajo la protección de sus abuelos o cuidadores (en los sectores con mayor poder adquisitivo).

Los horarios de trabajo hacen más difícil mantener el espacio común de comunicación a la hora de las comidas; a esta situación se suma la era de la comida instantánea o *light* que modifica los hábitos alimenticios y las costumbres tradicionales de las comidas en familia. La llegada de la televisión en masa permite que en cada hogar se pueda tener más de un televisor; esto origina que la experiencia que la familia vive en torno a un único aparato receptor ubicado en un espacio colectivo, sea remplazada a ambientes individuales y a puerta cerrada. La llegada del computador y de los teléfonos inteligentes privilegia la conversación a distancia y las brechas generacionales se acentúan, lo que ya va erosionando la calidad y cantidad del tiempo compartido entre los miembros de una misma familia. Los medios de comunicación traen al hogar nuevos estilos de vida y pautas sociales, valores sexuales diversos y hábitos excedidos de consumo [9].

C. LA ESCUELA CONTEMPORÁNEA

La escuela occidental –aún predominante en algunas de sus formas básicas– es una institución que responde a la lógica de pensamiento moderno y capitalismo industrial. La estructura occidental escolar organizó a los estudiantes por edades escolares, los uniformó para fortalecer ‘la igualdad’, definió currículos específicos para cada nivel de estudio, estableció espacios cerrados para albergar a una cierta cantidad de ellos y organizarla en pupitres dentro de las aulas de clase; a la vez que determinó horas académicas para ver ciertos contenidos en la jornada (privilegiando algunas áreas del conocimiento, por encima de otras, como las matemáticas y el lenguaje) y destinó un espacio muy corto dedicado al descanso y socialización de los estudiantes. Hoy por hoy, la escuela recibe fuertes críticas [10], demandas por parte de la familia y de la sociedad que no puede satisfacer [11] y a “una mala publicidad” [12] que la mantiene en crisis en medio de la llamada sociedad del conocimiento.

La época por la que atraviesa la humanidad hoy por hoy es conocida, entre otros nombres, como segunda modernidad, posmodernidad, era postindustrial (todo depende de la óptica desde la que se mire) no obstante, y para efectos de esta investigación se va a denominar: época contemporánea. Entonces, durante esta época, la escuela abandona uno de los grandes ideales que la acompañó durante la Ilustración –al constituirse como central de los procesos de socialización y de democratización gestada en los Estados-nación de la Revolución Francesa– y vuelve a ser ese lugar que dota a los sujetos de competencias individuales, más que

de capacidades sociales, y les ofrece una educación más centrada en la producción, la competitividad y la empleabilidad.

Se proyecta una imagen de una escuela que pasa de ser una institución de control interior, represión y dominación, a transformarse en una institución con ciertas formas de derecho, igualdad económica, equilibrio social y valoración social y humana.

Sin embargo, se siguen evidenciando prácticas disciplinarias correspondientes al siglo XIX; una muestra de ello es la preocupación que manifiesta Fleuri [13] al constatar que, en plena década de los noventa, algunas de estas prácticas se siguen manifestando en ambientes escolares de Brasil; lo que indica que al parecer, dos siglos después, la situación no ha cambiado en ese sentido. Las escuelas se encuentran atrapadas en lo administrativo; lo mismo que en la enseñanza en función de las pruebas estandarizadas, formatos y controles más fuertes por parte de entidades educativas, y unos lineamientos y currículos impuestos desde afuera. Gimeno Sacristán [14] dice que la escuela se ha convertido en una institución para los intereses del mercado y la economía; que está centrada en procesos racionales y dominada por las disciplinas básicas (matemáticas, lenguaje, ciencias naturales y tecnología), dejando de lado los métodos de socialización y el vínculo con la comunidad.

En la escuela contemporánea se observa una escuela empresarial (neoliberal). La educación es convertida en una mercancía, en un servicio; por tanto, quien tiene poder adquisitivo puede obtener calidad educativa. La escuela contemporánea es aparentemente flexible, con un poder descentralizado; el rol del docente es diferente: es líder, autónomo, generador de proyectos, es eficaz y eficiente en su gestión educativa. Ya no se valora la experiencia ni la antigüedad, porque quien llega es innovador, maneja su tiempo y, asimismo, es creativo e independiente. Los proyectos de aula desarrollados al interior de la escuela –en la mayoría de los casos– deben ser productivos y rentables para los estudiantes bajo la lógica del impulso empresarial, dejando de lado la formación de valores, el desarrollo de talentos y las realizaciones personales.

El rol del alumno también se modifica; ya no es una persona disciplinada, sumisa ni conforme con la autoridad; se caracteriza por ser postdisciplinaria, competente y autorresponsable de su formación, de sus decisiones y, por ende, gestora de su proyecto de vida.

El estudiante contemporáneo no es constante, ni único, porque el mundo que realmente le resulta atractivo está afuera de la escuela (así la escuela lo siga siendo); es un individuo sujeto a la incertidumbre del mundo, a sus variaciones, en entera preparación para el cambio. A pesar de los nuevos retos que tiene la escuela de vincular a la familia y a la comunidad, y de la crisis enunciada por diferentes autores contemporáneos [12, 15, 16, 17, 18], pareciera que la escuela permaneciera aislada del mundo exterior del estudiante.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

El propósito central de esta investigación conlleva a establecer una ruta metodológica cualitativa para su desarrollo:

- a. Construcción de las categorías familia y escuela contemporánea, teniendo en cuenta las características de cada una y las necesidades de cada institución frente a los aspectos educacionales referentes al ambiente familiar/escolar, formación académica o valores y normas.
- b. Identificación de las características de las familias pertenecientes a una institución educativa de Bogotá (Colombia), que corresponden –a partir del diagnóstico social realizado a toda la comunidad– a su rol, misión, estructura y organización.
- c. Indagación de las necesidades de padres/acudientes y docentes, con respecto a algunos aspectos educacionales de los hijos/estudiantes, con base en los deberes de padres y docentes a la luz del manual de con-vivencia.
- d. Identificación de las posibilidades de cada institución para responder a las necesidades de la otra, y así, identificar las tensiones entre ellas.

La interpretación de los datos obtenidos se realizó bajo la propuesta de Cisterna [19] denominada triangulación hermenéutica, dentro de las delimitaciones propias de la investigación y su propósito central.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CARACTERÍSTICAS, NECESIDADES Y POSIBILIDADES DE LA FAMILIA Y LA ESCUELA CONTEMPORÁNEA

Las características que surgieron en la institución y sus familias, tuvieron bastante acercamiento con las descritas en la construcción teórica de las categorías.

La cohabitación como forma predominante en la

conformación de parejas, la presencia de hogares extensos y compuestos, la disminución de hogares nucleares, la incorporación laboral de ambos padres, el poco tiempo para compartir en familia y la flexibilidad en los patrones de autoridad y en la relación padres e hijos, son algunas características que sitúan a las familias de la institución, en el marco de las familias contemporáneas.

Del mismo modo, el énfasis empresarial, la formación por competencias, la preocupación por el desempeño en las pruebas externas y el papel preponderante de lo administrativo en los procesos escolares, son aspectos contemporáneos de la institución seleccionada en la investigación.

Es importante destacar que, tanto la familia como la escuela, demandan los mismos aspectos educacionales para sus hijos o estudiantes, no solo desde lo teórico, también desde el contexto real escogido para este análisis. Los padres necesitan una escuela y unos docentes que brinden excelente formación académica y en valores; también requieren que se exijan las normas con disciplina, pero con ejemplo y respeto; además, que se promueva la construcción de proyectos de vida a nivel laboral y personal, y que haya un equipo de docentes profesionales y una planta física en perfecto estado que brinde un adecuado ambiente para el aprendizaje. Los docentes, por su parte, necesitan familias unidas con buenas relaciones entre sus miembros; condición que exhorta a que los padres de familia, además de tener una relación afectiva sana, sean gestores de valores y promotores de la buena comunicación al interior del hogar, estén comprometidos en los aspectos académicos y convivenciales de sus hijos y, sean capaces de exigir e implantar normas, pautas de crianza, hábitos de estudio y de higiene.

Tanto la familia y la escuela reclaman los mismos aspectos educacionales relacionados, principalmente, con el ambiente familiar/escolar, la formación académica y/o en valores y la exigencia de normas. Este primer encuentro entre las demandas de dos instituciones distanciadas o en conflicto, indica la primera y más importante posibilidad.

La aparición de familias extensas y compuestas, el gran número de hermanos, el nivel de escolaridad secundaria de los padres de familia y la presencia de acuerdos o normas en el hogar, constituyen las principales posibilidades de la familia para atender algunas exigencias de la escuela. El equipo de docentes

que hace parte de la institución, su riguroso plan de estudios, el enfoque humanista, la existencia de un modelo de autoridad sólido y la formación laboral, son probabilidades que tiene la institución para cumplir los requerimientos de las familias.

Tales posibilidades pretenden establecer un panorama esperanzador en la formulación de estrategias para afianzar el vínculo familia-escuela; estos son algunos aspectos que la escuela debe resaltar, potencializar y aprovechar en el camino continuo hacia una educación de calidad.

B. TENSIONES ENTRE LA FAMILIA Y LA ESCUELA CONTEMPORÁNEA EN AMÉRICA LATINA

Las tensiones entre la familia y escuela contemporánea se abordaron en un contexto latinoamericano permeado por fenómenos de gran impacto como la globalización, el neoliberalismo, el avance de las comunicaciones y la tecnología y, demás acontecimientos sociales propios de la época actual. Lo anterior, implica abandonar los modelos tradicionales de familia y escuela impuestos a través de la historia, de forma hegemónica; lo mismo que construir nuevas realidades atendiendo a las subjetividades de los actores escolares y de las relaciones que se establecen entre ellos.

Unión familiar Vs. trabajo, nivel socioeconómico y nuevas formas de pareja. Las nuevas formas de pareja, la conformación de los hogares y la ocupación laboral de ambos padres, generan crisis frente a la unión familiar que demandan los docentes.

Hábitos de estudio Vs. nuevas formas de aprendizaje y nivel de escolaridad de los padres. La exigencia de hábitos de estudio, pautas de crianza y acompañamiento escolar que solicita la escuela, entra en tensión con las nuevas formas de aprendizaje de los jóvenes, los bajos niveles de escolaridad de los padres en algunos sectores de la población y el poco tiempo del que se dispone para esta formación, cuan-do ambos trabajan.

Comunicación y diálogo permanente entre padres y docentes Vs. horarios de atención y citación poco flexibles. La comunicación entre padres de familia y docentes entra en conflicto cuando los horarios de atención en las instituciones son poco flexibles, o cuando las autoridades escolares convocan a reuniones o encuentros durante las jornadas laborales de los padres.

Excelencia académica Vs. apoyo y acompañamiento de padres en el proceso educativo. A pesar de los exigentes planes de estudio de las instituciones, de los extraordinarios equipos de maestros y de las metodologías lúdicas e innovadoras, la excelencia académica, que demandan padres y docentes, será difícil de obtener si existe poco acompañamiento en el hogar y modelos de autoridad permisivos en padres de familia o instituciones.

Exigencia de normas Vs. patrones de autoridad desdibujados en la contemporaneidad. La exigencia de normas que demandan padres y docentes genera tensión con el debilitamiento de las figuras de autoridad propio de la contemporaneidad, en donde la libertad de expresión, el libre desarrollo de la personalidad, la autonomía y libertad, cohíbe a padres y docentes de la exigencia y posibilita que los jóvenes asuman patrones culturales impuestos por los medios de comunicación.

Formación en valores Vs. el auge del individualismo, hedonismo y competitividad. En la época actual la formación en valores importante, tanto para la familia como para la escuela— entra en conflicto con el auge efímero, hedonista, consumista e individualista que predomina en las diferentes esferas socia-les..

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El alcance de la investigación es la construcción de un escenario contemporáneo en América Latina y en Colombia que permita en los educadores hacer lecturas más cercanas de los contextos familiares y escolares en los que viven los jóvenes.

Por tanto, con esto, se pretende construir la primera parte del camino que se debe recorrer en la construcción de las estrategias encauzadas a definir un nuevo contrato, pacto o acuerdo que fortalezca el vínculo familia-escuela, con la consigna clara de considerarse un factor significativo para una educación de calidad.

Referente a las seis tensiones identificadas entre la familia y escuela contemporánea, se puede destacar que la mayoría de ellas no depende de los propios actores, sino de las condiciones contemporáneas y complejas en las que se generan y, en algunos casos, del desconocimiento que se tiene de los contextos familiares de los estudiantes (por parte de los docentes) o del contexto escolar (por parte de los padres). Las posibilidades y tensiones identificadas son puntos

de partida para que otras investigaciones generen propuestas de intervención que reconstruyan el tejido social que debe existir entre la familia y la escuela; situación cada vez más necesaria dentro del ámbito educativo.

Teniendo en cuenta estos planteamientos, en primer lugar se recomienda que, tanto educadores como padres de familia, vean esta investigación como un reto personal. Para los educadores representa comprender las nuevas formas de familia, de interacción entre sus miembros, las modificaciones en los roles familiares y estilos de vida al interior de los hogares de sus estudiantes; y para los padres, conocer la institución educativa a la que ingresa su hijo, asumir las responsabilidades propias del núcleo familiar y actuar en conjunto en aquellas situaciones en las que la escuela, por medio de los docentes, puede conducirse como catalizadora del proceso formativo de sus hijos.

En segundo lugar, se sugiere tener en cuenta los planteamientos, resultados y análisis de la investigación para fortalecer y potencializar las posibilidades identificadas entre la familia y escuela. Además, considerar las tensiones descritas como oportunidades para establecer estrategias de intervención a nivel familiar o escolar más efectivas y coherentes con el contexto de los estudiantes.

También, seguir robusteciendo el vínculo familia-escuela desde la labor pedagógica, lo que implica el conocimiento de la realidad social y un compromiso ético para combatir aquellos fenómenos que parecieran generar crisis dentro de las instituciones.

Finalmente, se propone realizar investigaciones que indaguen por las tensiones que se pueden generar entre la familia y la escuela en diferentes niveles socioeconómicos; del mismo modo, hacer análisis comparativos entre instituciones públicas y privadas, o en diversos grados escolares.

REFERENCIAS

- [1] J. Garreta, Escuela, familia de origen inmigrante y participación, *Revista de Educación*, núm. 345, pp. 133-155, 2008.
- [2] M. Ariza y O. Oliveira, Familias en transición y marcos conceptuales en redefinición. *Papeles de población*, núm. 28, 2001.
- [3] R. Sennet, *La corrosión del carácter. Las*

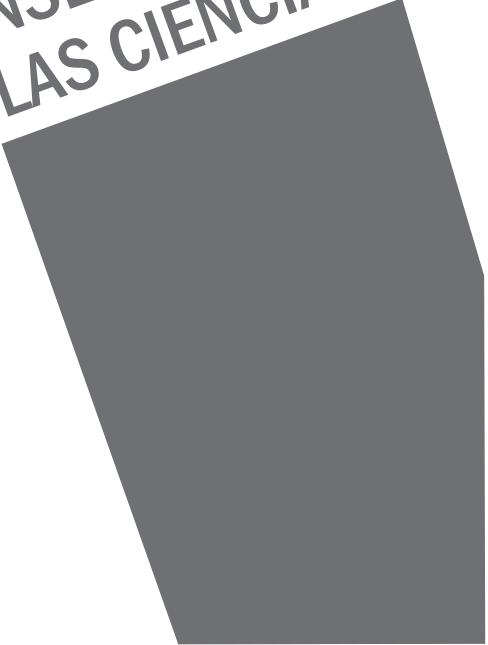
- consecuencias personales del trabajo en el nuevo capitalismo.* Traducción de Daniel Najmías, Barcelona: Editorial Anagrama, 2000.
- [4] C. Laval, *El ataque neoliberal a la enseñanza pública.* Traducción Jordí Terre, Barcelona, Buenos Aires, México: Paidós, 2004.
- [5] Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Unicef), *Convención de los derechos del niño*, 1989.
- [6] I. Arriagada, Los límites del uso del tiempo: dificultades para las políticas de conciliación, familia y trabajo. Políticas hacia las familias, protección e inclusión sociales. *Serie seminarios y conferencias*, Publicación de las Naciones Unidas, núm. 46, 2005.
- [7] A. Ferrer, A. América Latina y la globalización. *Revista de la CEPAL*, Número Extraordinario, pp. 155-168. 1998.
- [8] A. Colom, *Teorías e instituciones contemporáneas de la educación*, España: Ariel Educación, 1997.
- [9] J. Pineda, Familia postmoderna popular, masculinidades y economía del cuidado, *Rev. latinoam.estud.fam*, vol. 2, enero – diciembre, pp. 51-78, 2010.
- [10] L. Nora, *Reflexiones psicosociales a partir del pensamiento de J. Habermas*, Madrid, España, p.70, 2002.
- [11] A. Maestre, Familia y escuela. Los pilares de la educación, *Revista digital Innovación y experiencias educativas*, núm. 14, 2009.
- [12] F. Jodar, La escuela del neoliberalismo, Alteraciones pedagógicas, *Laertes*, pp. 143-164, 2007.
- [13] M. Gadotti, M. Gómez, L. Freire, *Lecciones de Paulo Freire cruzando fronteras: experiencias que se completan*. CLASA, Buenos Aires, pp. 352, 2003.
- [14] S. Gimeno, *¿Educar por competencias? ¿Qué hay de nuevo?*, Ediciones Morata: 2009.
- [15] M. Mejía, *La (s) escuela (s) de la (s) globalización (es)*, Tomo II, Ediciones Desde Abajo, 2011.
- [16] L. Cerletti, *Las familias, ¿un problema escolar?* Estudio sobre la relación entre la familia y la escuela en torno a la socialización escolar infantil, Tesis de Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UBA, Buenos Aires, 2003.
- [17] R. Vélez, La relación familia-escuela como alianza. Aproximaciones a su comprensión e indagación. *Revista educación, comunicación y tecnología*. vol. 3, 2009.
- [18] A. Mockus, Universidad de los Andes. Seminario América Latina y la globalización, Memorias, Santafé de Bogotá, 1999.
- [19] F. Cisterna, Categorización y triangulación, como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa, *Theoria*, vol. 14, pp. 61-71, 2005.

AUTORES

Sandra Liliana Garay es Máster en Educación de la Universidad Pedagógica Nacional, Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia y Licenciada en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Actualmente es la Directora de Educación del Instituto de Astrobiología de Colombia – Internacional Partnership NAI NASA Astrobiology Institute y Coordinadora Académica del Colegio Colsubsidio Chicalá, (E-mail:saligaes@gmail.com, sandra.garay@astrobiologia.org)

Citar este artículo como:

Garay, S. *Tensiones entre la familia y la escuela. Una mirada desde las condiciones contemporáneas de América Latina*, Revista TECKNE, 13(1):26-32. 2015



ENSEÑANZA DE
LAS CIENCIAS

MODELO Y MODELIZACIÓN EN LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS

MODEL AND MODELING IN THE HISTORY OF SCIENCE

J. V. Bohórquez¹ y F. J. Orozco^{1,2}

¹Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia

²Gimnasio Colombo Británico, Bogotá, Colombia

RESUMEN

A partir de un recorrido realizado por algunos modelos cosmológicos que en su momento marcaron la historia de las ciencias, en particular de la astronomía, se puede apreciar el surgimiento que hay en la elaboración de modelos desde las formas de ver, entender y caracterizar el mundo. Por otra parte, es pertinente resaltar la relevancia de esta actividad en el transcurso de la historia de la humanidad y, en especial, de la historia de las ciencias; por esta razón, este artículo –desde un análisis espacio-temporal, cultural y epistémico– identifica los elementos, las preguntas, las fuentes de conocimiento (según *Elkana*) y las explicaciones que dieron Ptolomeo, Copérnico y Kepler cuando elaboraron sus modelos; esto posibilita poner en contexto las teorías de estos pensadores y facilita la comprensión de sus ideas y conceptos.

PALABRAS CLAVE: cosmología, explicaciones, fuentes de conocimiento, modelización y modelo.

ABSTRACT

Through some of the cosmological models that left a mark during their respective times on the history of science in particular astronomy, we can begin to appreciate the emergence of modeling from the ways of seeing, understanding and characterizing the world. Moreover, it is pertinent to highlight the importance of this activity in the course of history and especially in the history of science. In this article the elements, questions, sources of knowledge (by *Elkana*) and the explanations given in the models developed by Ptolemy, Copernicus and Kepler are identified from an analysis of temporal, cultural and epistemic space that will allow contextualization of each of these major thinkers at a given moment in history which allows us to better understand the ideas and concepts of each of these thinkers through their models.

KEYWORDS: cosmology, explanations, knowledge sources, model and modelling.

I. INTRODUCCIÓN

Este artículo hace parte de la línea de investigación sobre enseñanza de las ciencias, en particular de la astronomía, de la Universidad Pedagógica Nacional. La construcción de modelos ha estado presente desde los inicios de la humanidad y ha sido motivada –desde la actividad de modelización– por la necesidad de entender el mundo circundante, el comportamiento de la naturaleza o su funcionamiento. En este artículo se asume el modelo como una representación de un evento del mundo real que es mediada por el contexto donde se elabora. Emerge de una serie de cuestionamientos que tienen como base ideas y supuestos propios de quien los construye; además, de una intencionalidad que define las fuentes de conocimiento que privilegia a quien lo elabora. En cuanto al aula, la modelización juega un rol importante en la construcción de significados

para los estudiantes, ya que, como actividad, aporta elementos para la creación de procesos cognitivos simples o complejos que, en forma de modelos, permite la formulación de explicaciones a objetos o fenómenos del mundo real que posibilitan su mejor comprensión.

II. MODELOS COSMOLÓGICOS EN LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS

A continuación se exponen algunos modelos que están presentes en la actividad de un grupo de científicos; dichos modelos fueron identificados a partir de lo que se preguntan Ptolomeo, Copérnico y Kepler, de sus ideas, supuestos, fuentes de conocimiento y explicaciones. Su estudio permite distinguir lo que se encuentra en la base de la elaboración de modelos y continuar comprendiendo

la actividad de modelización, en específico, en la historia de la ciencia. Para ello, se recurre a los modelos de Ptolomeo, Copérnico y Kepler; se menciona su origen, elementos, explicaciones y el contexto en el que se desarrollaron. Con esto se posibilita que los estudiantes en el aula puedan comprender mejor la actividad de modelización y la elaboración de modelos.

A. MODELO DE PTOLEMO

Claudio Ptolomeo (85-165 d.C. Egipto) fue un matemático y astrónomo que vivió la mayor parte de su vida en Alejandría durante la época conocida como la Grecia Romana. Fue el último representante de la astronomía griega, heredero de las cosmovisiones de Platón y Aristóteles [1, 14, 18].

La cosmovisión de Ptolomeo tiene como base el modelo geocéntrico (del griego *geo* [Tierra] y *kentron* [centro]) en el que se ubica a la Tierra inmóvil y esférica en el centro del Universo y a los astros girando a su alrededor en círculos celestiales [7, 12].

Ptolomeo conserva elementos importantes de los modelos platónico y aristotélico, en cuanto a la ubicación de la Tierra en el centro del Universo, y a los demás cuerpos celestes que se mueven a su alrededor. Nunca reconoció oficialmente que su modelo poseyera aspectos tomados de Apolonio de Perga (262-200 a.C., aproximadamente) quien fuera el primero en implementar los conceptos de Epiciclo y Deferente (recurso geométrico y calculístico) para explicar los aparentes movimientos de retroceso y detención de algunos astros en el firmamento, como los planetas conocidos hasta ese momento: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, pero sin tener mayor grado de precisión de ellos [1, 17], como se ilustra en la Figura 1.

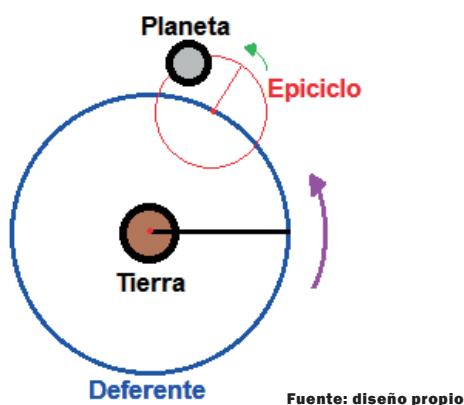


Figura 1. Explicación del aparente movimiento de algunos cuerpos celestes (propuesta por Apolonio)

El aporte del modelo de Ptolomeo está en no ubicar a la Tierra en el centro del Universo, sino a cierta distancia de este; con lo que mejoró, en parte, la precisión de la descripción de los movimientos de los astros, en especial, los del Sol y la Luna (no presentan epiciclos, ya que no se observan movimientos de retroceso). El Sol y la Luna se mueven en un deferente (su centro siempre está ubicado en una órbita circular con centro en el mismo centro del Universo), mientras que los planetas (conocidos hasta ese momento) se mueven en diferentes círculos denominados epiciclos (órbitas pequeñas que describen los cuerpos y cuyo centro siempre se encuentra sobre la circunferencia que describe una órbita mayor). Este movimiento se da de oeste a este, lo que permitió explicar las irregularidades presentadas con el desplazamiento de dichos cuerpos [4, 32].

En el modelo de Ptolomeo la Tierra está inmóvil y a su alrededor se encuentran, en su orden, la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno y al final las denominadas estrellas inmóviles [15, 16], como se ilustra en la Figura 2.

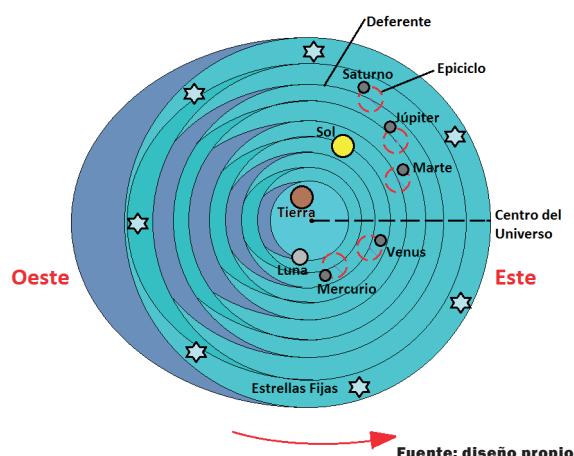


Figura 2. Organización de los cuerpos celestes (propuesta por Ptolomeo)

El modelo ptolemaico presenta los siguientes elementos:

- La forma de los cielos es esférica y posee movimiento circular con centro fijo.
- La Tierra es el elemento más pesado del Universo, entonces, las cosas pesadas serán conducidas hacia ella, más exactamente a su punto medio; por lo tanto, quedan inmóviles en su centro y como no caen a ningún lado, permaneciendo inmóviles por su propio peso [36, 47].
- La Tierra se ubica en el centro del cielo, por lo que

el horizonte biseca el Ecuador y la eclíptica (plano horizontal) en dos partes iguales (arriba y debajo de este plano).

- Hay dos clases de movimientos, los simples (movimientos verticales hacia arriba y hacia abajo de los cuerpos en la Tierra) y los circulares (exclusivos de los cuerpos celestes). Aunque en algún momento Ptolomeo consideró el movimiento de rotación de la Tierra, lo rechazó basado en la física de Aristóteles, pues consideró que si existiese ese movimiento habría consecuencias inimaginables, ya que la Tierra rotaría con un periodo de 24 horas, esto provocaría que su superficie se moviera tan rápido, que las cosas no pudieran permanecer en ella y salieran expulsadas hacia el cielo; los objetos no caerían en línea recta y las nubes se moverían tan rápida y violentamente, que aparecerían y desaparecerían de la vista en cortos periodos de tiempo [19, 20].
- El movimiento circular uniforme da cuenta del movimiento de las estrellas fijas, pero no del de la Luna, el Sol ni de los cinco planetas hasta entonces conocidos. Para esto y sin excluir el movimiento circular uniforme, propio de los cuerpos en el firmamento, Ptolomeo utiliza el sistema de epíclo-deferente cumpliendo, según él, con el fin de la ciencia matemática, que es explicar el movimiento planetario [4].

Qué expone el modelo de Ptolomeo:

- Interpreta de forma cinemática el movimiento de los planetas, manteniendo los principios de la cosmología Aristotélica (movimientos circulares uniformes de los astros en el firmamento).
- Explica el movimiento de retrogradación y el cambio del brillo de los planetas a partir del modelo de epíclo-deferente, que originariamente fue inventado por Apolonio.

Es importante destacar, en relación con este modelo, que al obtenerse mayor precisión en las observaciones, en especial en el periodo medieval, fue necesaria la introducción de decenas de epículos que convirtieron al modelo de Ptolomeo en un sistema demasiado complicado para su entendimiento.

Las fuentes de conocimiento del modelo de Ptolomeo fueron:

- La tradición y la autoridad de las cosmovisiones platónicas y aristotélicas (geocentrismo).
- El concepto de belleza en las formas geométricas

por el que se regían en aquella época (los planetas y las estrellas están autocontenido en esferas perfectas y armónicas).

- La novedad en la implementación de elementos geométricos y calculísticos nuevos para la época (los epículos de Apolonio).
- Los datos experimentales, tomados por otros astrónomos, evidenciaron una irregularidad en el movimiento de los planetas, (la Tierra no se encuentra en el centro del Universo sino cerca de este).

B. MODELO DE COPÉRNICO

La teoría heliocéntrica de Nicolas Copérnico (1473-1543) fue desarrollada en los primeros años de la década de 1500, pero se publicó años después. Se oponía a la teoría de Ptolomeo, entonces vigente, en que el Sol y los planetas giran alrededor de una Tierra fija. Al principio, Copérnico dudó en publicar sus hallazgos porque temía a las críticas de la comunidad científica y religiosa. A pesar de la incredulidad y rechazos iniciales, el sistema de Copérnico pasó a ser el modelo del Universo ampliamente aceptado a finales del siglo XVII [29, 33].

Para la comprensión de las ideas y concepciones de Copérnico, es importante tener en cuenta que el modelo heliocéntrico (del griego: *helios* [Sol] y *kentron* [centro]) propone que la Tierra y los demás astros del firmamento se mueven uniformemente en órbitas concéntricas en torno al Sol, excepto la Luna, que gira en forma circular alrededor de la Tierra, por lo que no se denomina planeta, sino satélite. El Sol también deja de ser considerado planeta, puesto que permanece inmóvil en el centro del Universo y la Tierra en este modelo es considerada planeta por girar alrededor del Sol. Este modelo surge en oposición al modelo geocentrista que presenta muchas dificultades en cuanto a su precisión y complejidad (epículos y deferentes) [3, 34, 35].

El heliocentrismo se enfoca en una organización del firmamento que propone ubicar al Sol en el centro del Universo, mientras que los demás planetas orbitan de forma circular a su alrededor, organización que surge de extrapolar los datos tomados de la observación minuciosa del movimiento de los planetas y de ir más allá de la experiencia sensible, esto se debe al punto de referencia en el que se encuentra la Tierra y desde el que se genera la distribución de los astros, que configura lo que se conoce como Universo [9, 49].

Hasta Copérnico el movimiento de los cuerpos celestes se explicaba mediante el sistema de Ptolomeo. Se

suponía que los cuerpos celestes (el Sol, la Luna y los planetas) se encontraban situados en esferas huecas concéntricas a la Tierra. Copérnico planteó que, en vez de ser las esferas las que giraran alrededor de la Tierra, podría ocurrir que la Tierra girara alrededor de su eje una vez al día. Idea que no era demasiado original porque ya se les había ocurrido a otros astrónomos como Aristarco (310 - 230 a. C.); sin embargo, el verdadero aporte que hizo Copérnico, fue proponer que la Tierra no era el centro del Universo, sino que esta y todos los demás planetas se movían formando círculos alrededor del Sol. El nuevo modelo permitía explicar fácilmente el aparente movimiento de avance y retroceso que describen los planetas en el firmamento.

De esta manera, pudo desecharse la teoría de Ptolomeo con toda su carga de complicación y los reajustes que había sufrido. A partir de entonces, los navegantes y los astrónomos disponían de un método mucho más sencillo para realizar sus cálculos, bastaba suponer que la Tierra y los demás planetas giraban alrededor del Sol [56], como se muestra en la Figura 3.

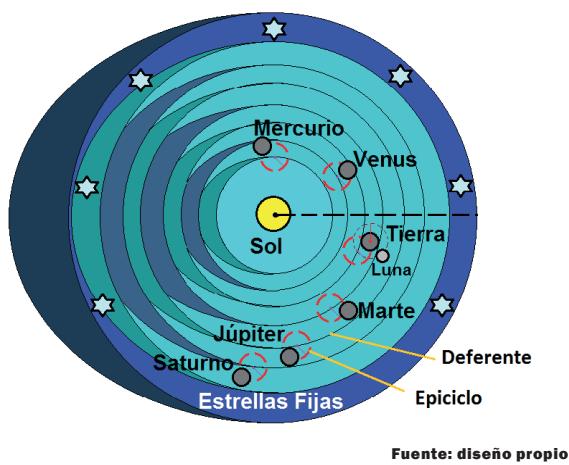


Figura 3. Organización de los cuerpos celestes (propuesta por Copérnico)

Aunque Copérnico concluyó en 1530 su obra más célebre, *De revolutionibus orbium coelestium* (Sobre las revoluciones de los cuerpos celestes), solo fue publicada hasta el 24 de mayo de 1543, poco antes de su muerte, por Andreas Osiander, un editor luterano de Núremberg (Alemania) [10, 26, 50, 51].

Copérnico debía respetar el principio de regularidad o regla del movimiento absoluto, que establece la circularidad y la uniformidad en las explicaciones astronómicas fijadas en el siglo IV a.C. en los inicios

de la astronomía teórica. Este principio fue el criterio primordial en las construcciones teóricas de Copérnico, llamado por él *Comnetularius* (principio de regularidad o regla del movimiento absoluto). Para Copérnico, dicho principio supone el empleo de la circularidad y la uniformidad, condiciones de forma y velocidad de manera simultánea en las construcciones geométricas que explican y predicen los movimientos planetarios [11, 55].

Él reconoce que los distintos sistemas de astronomía han intentado ser fieles a este principio, pero al mismo tiempo denuncia como inaceptable su separación en dos subprincipios, uno que mantenga la circularidad a través de la combinación de diversos círculos, y otro, la velocidad uniforme mediante diferentes artificios geométricos, esto es, en otros círculos o centros (como lo hacía Ptolomeo) [28].

Esto lleva a Copérnico a plantear un heliocentrismo que mantenga la circularidad y la uniformidad de los movimientos planetarios con respecto al mismo centro. En particular, es el uso del ecuante (punto imaginario que permite compensar y corregir la uniformidad del movimiento angular del planeta, ya que este no está situado en el centro perfecto del deferente, por lo tanto, su órbita es excéntrica), como artificio geométrico y pieza clave en la explicación copernicana de la uniformidad del movimiento planetario, como se ilustra en la Figura 4. Esto es lo que más perturba a Copérnico y lo lleva a calificar a este tipo de astronomía como no suficientemente absoluta ni agradable al espíritu.

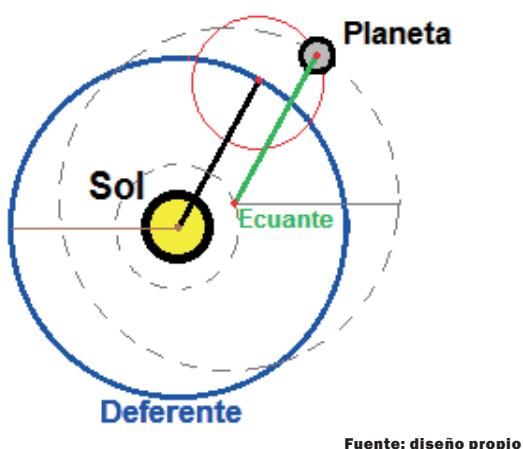


Figura 4. Artificio geométrico que permite mantener la regularidad del movimiento circular de los planetas (propuesto por Copérnico)

Copérnico reconoce que la astronomía de Ptolomeo concuerda con los datos numéricos, tanto como su nuevo sistema; entonces, es la falta del rigor teórico lo que produce un alejamiento del criterio estricto de la circularidad y uniformidad, esto hace indispensable repensar el problema astronómico y volver a la unidad de lo circular y lo uniforme.

En resumen, los elementos que constituyen el modelo de Copérnico son:

- No hay un centro único de todos los círculos o esferas celestes.
- El centro de la Tierra no es el centro del Universo, sino solo el de gravedad y el de la esfera lunar.
- Todas las esferas giran en torno al Sol, que es su punto medio, y por ello el Sol es el centro del Universo.
- La distancia de la Tierra al Sol es imperceptible en comparación con la altura del firmamento.
- Cuando parece que el Sol se desplaza, en realidad es la Tierra (que tiene más de un movimiento) y su esfera, las que están rotando a su alrededor; esto es lo que crea la ilusión de movimiento del sol.
- Los aparentes movimientos de los planetas, retrogrado y directo, no son motivados por su propio movimiento, sino por el de la Tierra. Por lo tanto, basta el movimiento de la Tierra para explicar tantas desigualdades.

Las fuentes de conocimiento del modelo de Copérnico fueron:

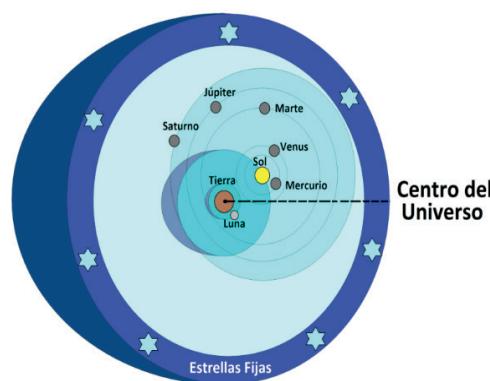
- Copérnico fue influenciado por Filolao, Heráclides y Eratóstenes, quienes conservaban la tradición y la autoridad de la escuela pitagórica.
- El modelo, en sus formas geométricas, tiene influencia del concepto de belleza por el que se guiaban en la época (los planetas se mueven en órbitas contenidas en esferas).
- En su modelo también se puede encontrar la novedad en la implementación de teoría heliocéntrica, que a pesar de haber sido antes propuesta por otros, Copérnico expone de manera oficial.

C. MODELO DE KEPLER

Johannes Kepler (1571-1628, Alemania) fue un matemático, físico y astrónomo que fue notablemente influenciado por su mentor Michael Mästlin (1550 -1631), su profesor de astronomía y quien inicialmente le enseñó el sistema solar geocéntrico de Ptolomeo y,

posteriormente, el sistema heliocéntrico de Copérnico; este último adoptado por Kepler [21, 22].

Kepler se mudó a Austria por invitación de Tycho Brahe (1546-1601), famoso astrónomo Danés, quien fuera conocido por la precisión de sus mediciones del movimiento planetario, especialmente, de Marte; y por proponer un sistema solar que reconciliaba a Ptolomeo y Copérnico. En este sistema la Tierra se encontraba nuevamente estática en el centro del Universo, a su alrededor orbitaban la Luna, el Sol y en torno de este último, los demás planetas. Este sistema solar tuvo bastante aceptación por parte de un gran grupo de astrónomos de la época (excepto para Kepler) puesto que prescindía del problema de la Tierra en movimiento. Brahe nunca aceptó el sistema solar de Copérnico ya que, según él, toda teoría debía estar sustentada por pruebas experimentales [52]. En la Figura 5 se expone la organización de los cuerpos celestes, según Brahe.



Fuente: diseño propio

Figura 5. Organización de los cuerpos celestes (propuesta por Tycho Brahe)

El gran aporte que dejó Brahe a la astronomía fue el registro de observaciones muy precisas que hizo de los astros por un periodo de 30 años; para esto realizó unas tablas astronómicas en las que recogía –de forma muy cuidadosa y rigurosa, los movimientos planetarios, en especial los de Marte– Para la elaboración de estas tablas, Brahe creó varios instrumentos de visión abierta de gran tamaño, como el cuadrante mural (no utilizaba telescopio); con su trabajo dio un impulso fundamental a la observación sistemática de los movimientos de los astros. Al morir Brahe, Kepler, por ser su ayudante, heredó todo el resultado del trabajo adelantado, en especial, las tablas astronómicas que fueron fundamentales en los subsiguientes trabajos realizados por Kepler [5, 8, 25].

Las creencias y el espíritu científico llevaron a Kepler a tratar de reconciliar las observaciones de los movimientos de los astros, con la imagen de la creación divina, basada en las formas geométricas perfectas. En el transcurso de su vida Kepler propone dos modelos cosmológicos diametralmente opuestos, lo que permite vislumbrar una gran lucha interna entre la fe y la razón [43, 44, 45, 46].

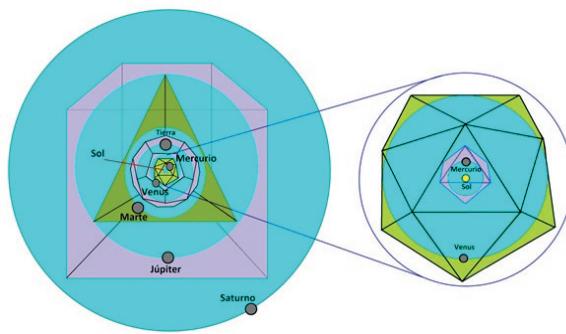
Primer modelo cosmológico de Kepler ‘Cosmología Poliédrica (1595)’

En la primera etapa de su obra, Kepler se enfocó en la solución de los problemas vinculados con las órbitas planetarias y las velocidades variables con las que los planetas recorren dichas órbitas. Fue influenciado por la afinidad con la cosmogonía pitagórico-platónica, plasmada en Timaeus, la obra en la que Platón asoció cada uno de los cuatro elementos (fuego, aire, agua y tierra) que, según los griegos, formaban el Universo a un poliedro. El fuego, al tetraedro; el aire, al octaedro; el agua, al icosaedro y, la Tierra, al hexaedro o cubo, y un último poliedro regular, el dodecaedro, al Universo. Estos poliedros fueron llamados sólidos platónicos [24, 53, 54].

Kepler inicialmente creyó que los sólidos platónicos eran la clave para poder descifrar la estructura del Universo, por lo que inicialmente propuso un modelo poliédrico del sistema solar que podría explicar el movimiento de los planetas y, además, apoyar la teoría heliocéntrica de Copérnico con la que era muy afín, porque concordaba con su idea de Dios como el poder creativo del cosmos. Su modelo cuenta con un poder explicativo que el geocentrismo no tiene, como por ejemplo, que Mercurio y Venus nunca aparecen muy lejos del Sol, ya que estos describen órbitas internas entre el Sol y la Tierra, situación que no es concebible desde el geocentrismo. Este modelo permitió describir correctamente las distancias entre los seis planetas conocidos hasta entonces. Las órbitas de cada planeta están representadas por esferas que se hallan autocontenidoas en los sólidos platónicos de la siguiente manera: una esfera exterior imaginaria que constituye la órbita de Saturno (el planeta más alejado) tiene adentro un hexaedro (cubo) imaginario (poliedro de seis caras cuadradas) que a la vez contiene la esfera que representa la órbita de Júpiter y que, de la misma forma, guarda un tetraedro imaginario (poliedro de cuatro caras triangulares) que, asimismo, abarca la esfera que encarna la órbita de Marte; en la que también hay un dodecaedro imaginario (poliedro

de doce caras pentagonales) en el que cabe la esfera que representa la órbita de la Tierra, que a la vez alberga un icosaedro imaginario (poliedro de veinte caras triangulares equiláteras) que contiene la esfera de la órbita de Venus y, por último, un octaedro imaginario (poliedro de ocho caras triangulares) que envuelve a la esfera de Mercurio. Con este modelo, Kepler creyó haber encontrado el esqueleto invisible del Universo y lo llamó el misterio cósmico, que fue publicado bajo el nombre de *Mysterium Cosmographicum* (El Misterio Cosmográfico [1596]) y del que Kepler envió una copia a Galileo y a Tycho Brahe [2, 39, 40, 41, 42].

La Figura 6 presenta la organización de los cuerpos celestes, según Kepler.



Fuente: diseño propio

Figura 6. Organización poliédrica de los cuerpos celestes (propuesta por Kepler)

El modelo poliédrico de Kepler tiene los siguientes elementos:

- Un Universo creado por Dios, con una estructura geométrica (sólidos platónicos).
- El heliocentrismo es la base del modelo, los planetas giran alrededor del Sol.
- Las órbitas que recorren los planetas son circulares.
- La distancia de las órbitas entre los planetas surge de la relación que hay entre las distancias de los sólidos platónicos que se autocontienen.

A partir de este modelo, Kepler explica asuntos como:

- La belleza y perfección de la obra de Dios que utiliza las matemáticas como lenguaje.
- El recorrido de los planetas en el firmamento.
- La trayectoria de los planetas alrededor del Sol es en órbitas circulares, esto se demuestra a partir de la posición que Mercurio y Venus tienen con respecto al Sol.

- La Luna orbita alrededor de la Tierra.
- Las distancias correctas entre los seis planetas.

Las fuentes de conocimiento del modelo poliédrico de Kepler son:

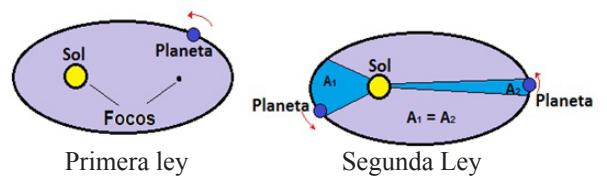
- En la búsqueda para entender la estructura del cosmos surge una solución en forma de revelación que devela el esqueleto del sistema solar (autocontenido en los sólidos platónicos).
- Hay una fuerte influencia del concepto de belleza en su modelo (sólidos geométricos).
- En su modelo, Kepler hace gala de una gran originalidad al utilizar los sólidos platónicos como la explicación a la relación que existe entre la distancia de los planetas (cada órbita de cada planeta está contenida en un sólido platónico diferente).
- La influencia de la autoridad que Copérnico le inspira a Kepler hace que su modelo también sea heliocéntrico.
- Los datos experimentales utilizados por otros astrónomos son usados por Kepler para respaldar su modelo heliocéntrico (las posiciones relativas de Mercurio y Venus con respecto al Sol, nunca muy alejados de este, dan evidencia que orbitan alrededor del Sol y no de la Tierra).

Segundo modelo cosmológico de Kepler ‘Movimiento Planetario (1609)’

En la segunda etapa de su trabajo, Kepler plantea otro modelo cosmológico que tiene dos partes. Inicialmente, se refiere a sus dos primeras leyes (1609). En su comienzo se centró en el estudio de los datos del movimiento de Marte que, cuidadosamente, fueron registrados por Tycho Brahe (esta fue la tarea inicial que Brahe le asignó a Kepler cuando se convirtió en su ayudante). Tras la muerte de Brahe, Kepler obtuvo acceso a los datos de los demás planetas conocidos para la época; además, encontró que ni su modelo poliédrico ni el modelo de Brahe se ajustaban a esas observaciones. El elemento más relevante, en este sentido, es el supuesto retroceso de Marte, pues no coincidía con una órbita circular en torno a la Tierra y ni siquiera con la implementación de distintos tipos de epiciclos. Después de muchos cálculos, divagaciones en contra de sus convicciones religiosas (el cielo, como producto de la obra geométrica máxima y perfecta realizada por Dios), y a partir del gran número de observaciones registradas por Brahe durante 30 años, Kepler observa la forma de un elipse con el Sol en uno de sus focos (figura que en

su concepto personal no es bella ni armoniosa), esto lo lleva a proponer su primera ley: “Todos los planetas se desplazan alrededor del Sol siguiendo órbitas elípticas. El Sol está en uno de sus focos” [13, 27, 38].

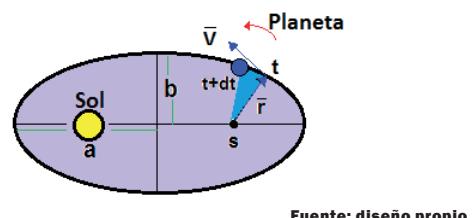
Kepler continuó analizando los datos de Brahe y encontró que la velocidad de los planetas no es constante; entonces, propuso una relación basada en el radio vector que los une con el Sol y en la que describe áreas iguales en tiempos iguales, es decir, que cuando los planetas se acercan al Sol (*perihelio*, del griego *peri* [alrededor de] y *helios* [el Sol]) su velocidad es mayor, en tanto que si se alejan de este, su velocidad disminuye (*afelio*, del griego *arrro* [lejos de] y *helio* [el Sol]), dando lugar a la segunda ley de Kepler: “los planetas se mueven con velocidad areolar constante. Es decir, el vector posición r de cada planeta con respecto al Sol, barre áreas iguales en tiempos iguales” [13, 30, 31, 37]. (Esta ley fue consignada en la obra de Kepler: *Astronomia nova* (Nueva Astronomía, 1609), como se ilustra en la Figura 7).



Fuente: diseño propio

Figura 7. Representación de las dos primeras leyes del movimiento planetario (propuesta por Kepler)

En la tercera y última etapa de su obra, Kepler analiza cuidadosamente los desplazamientos de los planetas y halla que su velocidad es diferente, aumenta al alejarse del Sol, así encuentra una relación matemática entre las distancias medias al Sol y los períodos de revolución. De esta manera, se da lugar a la tercera ley que dice: “la relación entre los cuadrados del período de órbita de dos planetas, es igual al radio del cubo de sus ejes semimayores”; esta ley fue registrada en la obra de Kepler: *Harmonices mundi* (La armonía de los mundos, [16, 19]), [13, 23]. Ver la Figura 8.



Fuente: diseño propio

Figura 8. Representación de la tercera ley del movimiento planetario (propuesta por Kepler)

La Figura 9 representa la organización de los cuerpos celestes propuesta por Kepler en su obra *La armonía de los mundos*; se basó en el movimiento elíptico que dichos cuerpos describen con el Sol en uno de sus focos [48, 57].

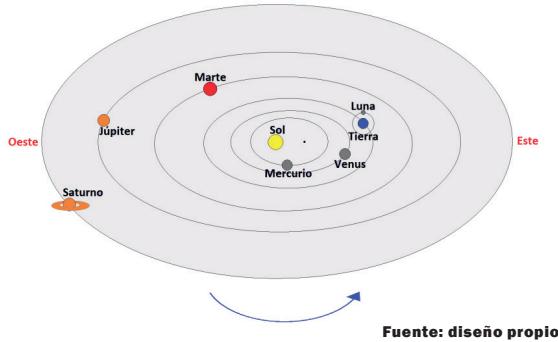


Figura 9. Organización de los cuerpos celestes (propuesta por Kepler)

En este segundo modelo cosmológico, Kepler presenta los siguientes elementos:

- Está basado en las observaciones de Tycho Brahe, quien utilizó novedosos instrumentos de observación sin incluir el telescopio.
- Tiene una fuerte estructura matemático-geométrica como base.
- Usa un gran poder explicativo.
- Rompe el paradigma de la belleza matemática de la obra de Dios, al no contar en su estructura con las figuras geométricamente bellas y perfectas, como el círculo y los sólidos platónicos.
- Utiliza la elipse como el trayecto que describe los planetas alrededor del Sol.

Además, este modelo:

- Describe con precisión el movimiento de los planetas.
- Reafirma la teoría heliocéntrica de Copérnico.
- Confirma la variación de las velocidades de los planetas (y afelio).
- Evidencia la relación inversamente proporcional entre la distancia del Sol y los planetas, y la velocidad con la que se mueven.

En cuanto a las fuentes de conocimiento [6] del segundo modelo cosmológico de Kepler, se distinguen:

- La influencia de la autoridad que el trabajo de Tycho Brahe inspira en Kepler, haciendo que su modelo se

base en los datos inicialmente obtenidos por Brahe (movimiento de los planetas).

- Se observa que los datos experimentales de Marte tomados por Tycho Brahe, le permiten a Kepler proponer a la elipse como la figura que describe este planeta al orbitar y, luego, la extraña a los demás planetas (de esta manera se puede explicar el aparente retroceso de Marte).
- Se contrasta el modelo con la observación y se devela su potente poder explicativo por su precisión.
- En su modelo, Kepler hace gala de una gran originalidad al utilizar las figuras geométricas; algo nunca antes pensado para describir el movimiento de los planetas (la elipse con el Sol en uno de sus focos).

III. SÍNTESIS DEL ANÁLISIS DE CADA MODELO

La Tabla 1 sintetiza el análisis realizado a cada modelo planteado por los diferentes pensadores de la historia de la ciencia.

Tabla 1.

Análisis de modelos históricos

Autor	Claudio Ptolomeo (85-165 d.C.) Egipto	Nicolas Copérnico (1473-1543) Polonia	Tycho Brahe (1546-1601) Dinamarca	Johannes Kepler (1571-1628) Alemania
¿Qué se pregunta?	¿Por qué algunos planetas se detienen y se devuelven?	¿Cómo es que se presenta la cinemática del Universo?	¿Cómo explicar las trayectorias irregulares de algunos planetas manteniendo a la Tierra en el centro del Universo?	¿Cómo son las trayectorias de los planetas en el firmamento y la relación de sus velocidades?
Ideas y supuestos	cosmovisión aristotélica y platónica.	Cosmovisión pitagórica. Influenciado por Filolao de Tarento, Heráclides Póntico y Doménico Novara.	Cosmovisión de Ptolomeo y Copérnico y observaciones propias.	Copéricano, religión luterana.

Autor	Claudio Ptolomeo (85-165 d.C.) Egipto	Nicolas Copérnico (1473-1543) Polonia	Tycho Brahe (1546-1601) Dinamarca	Johannes Kepler (1571-1628) Alemania
¿Qué se pregunta?	‘Tradición y la autoridad’ de las cosmovisiones platónicas y aristotélicas (geocentrismo). ‘Belleza’ en las formas geométricas de la época. La ‘novedad’ en la implementación de elementos geométricos y calculísticos nuevos para su época. ‘Datos experimentales’ tomados por otros astrónomos.	La ‘autoridad’: la influencia de la escuela pitagórica. Su labor como clérigo de la Iglesia. La ‘belleza’: al observar el firmamento. La ‘novedad’: al describir de una nueva forma de heliocentrismo el funcionamiento y organización de los astros. La ‘observación’: al basarse en la experiencia y los datos tomados de ella.	‘Autoridad’ que inspira Ptolomeo y Copérnico. ‘Datos experimentales’ tomados por él mismo. ‘Originalidad’ al inventar aparatos que le permiten hacer mediciones exactas.	‘Autoridad’ que inspira el trabajo de Tycho Brahe, que hace que su modelo se base en los datos obtenidos por él. ‘Datos experimentales’ de Marte tomados por Tycho Brahe, que le permiten proponer a la elipse como la figura que describe Marte al orbitar y luego la extraña a los demás planetas. ‘Originalidad’ al utilizar la geometría bajo una nueva visión.

Ideas y supuestos	El movimiento de los cuerpos celestes.	El movimiento de los cuerpos celestes y su organización en el firmamento para de esa manera configurar lo que hoy en día se conoce como Universo.	Las posiciones y los movimientos relativos de los planetas.	La trayectoria y las relaciones entre las velocidades de traslación de los planetas.
-------------------	--	---	---	--

Fuente: diseño propio

IV. APORTES A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

A partir del recorrido realizado a través de los modelos cosmológicos que marcaron en su momento la historia de las ciencias, en particular de la astronomía, se puede apreciar la emergencia propia de la elaboración de modelos desde las formas de ver, entender y caracterizar el mundo. A la vez, es pertinente resaltar la importancia de esta actividad en el transcurso de la historia de la humanidad y, en especial, en la historia de las ciencias; por lo tanto, se considera relevante mostrar los elementos, las preguntas, las fuentes de conocimiento y las explicaciones dadas en los modelos elaborados por Ptolomeo, Copérnico y Kepler, desde un análisis espacio-temporal, cultural y epistémico que posibilita contextualizar a cada uno de estos grandes pensadores en un determinado momento de la historia.

V. CONSIDERACIONES FINALES

Este análisis permite establecer una base histórica, además de resaltar ciertos aspectos poco mencionados en la elaboración de modelos cosmológicos. De la misma forma, posibilita mejorar el entendimiento de las ideas y conceptos de cada uno de estos pensadores a través de sus modelos y, deja que los estudiantes propongan algunas categorías de análisis sobre la construcción de modelos o modelización.

En cuanto a la modelización en la enseñanza de las ciencias, lo expuesto anteriormente facilita apreciar las bases teóricas y culturales de cada modelo, también deja observar y rastrear procesos para su construcción. Asimismo, ilustra cómo los supuestos, las ideas (propias o colectivas), las fuentes de conocimiento, la interacción con el mundo, las preguntas, las teorías, entre otros, se ponen en juego al momento de construir explicaciones significativas.

AGRADECIMIENTOS

Por sus aportes para la elaboración de este artículo a: A Rosa Inés Pedreros, docente y jefe del Departamento

de Física de la Universidad Pedagógica Nacional y a Judith Murillo, docente perteneciente a la Secretaría de Educación de Bogotá, y Magíster en docencia de Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional.

REFERENCIAS

- [1] A. Abboe, *Episodes from the Early History of Astronomy*. New York: Springer, 2001.
- [2] M. Caspar, Kepler. New York: Dover publications, 1993.
- [3] G. Coronado, Nicolás Copérnico Reorganizador de los Cielos. *Historia de las ciencias*, 26-32, 1994.
- [4] C. Dorce, *Ptolomeo: el astrónomo de los círculos*. Madrid: Nivola, 2006.
- [5] J. Dreyer, Tycho Brahe: *A Picture of scientific life and work in the sixteenth century*, New York: Dover Publications, 1963.
- [6] Y. Elkana, La ciencia como sistema cultural. Una aproximación antropológica, *Boletín de la sociedad colombiana de epistemología*, Bogotá, 1983.
- [7] E. Hugh, *Astronomy*, Springer-Verlag: New York, 1996.
- [8] J. Kepler, The harmony of the world. (A. Aiton, M. Alistair, & J. Duncan, Trads.), vol. 209, *Philadelphia: Field Amer Philosophical Society*, 1997.
- [9] T. Kuhn, *The copernican revolution*, New York: Vintage Book VTG, 1959.
- [10] -----La estructura de las revoluciones científicas, Fondo de Cultura Económica: México, 1972.
- [11] J. Petreum, *Nicolaus Copernicus*, De revolutionibus orbium coelestium, 1543. (P. Smith, Ed., & E. Rosen, Trad.), U.S.A.: Bookseller, 1999.
- [12] Platón, La República, Akal, S. A.: Madrid, 2008.
- University of Tennessee's Dept. Physics & Astronomy: *Astronomy 161 page on Johannes Kepler: The Laws of Planetary Motion*. (s.f.), disponible en: <http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/history/kepler.html>.
- [13] D. Lindberg, *The beginnings of western science: the european scientific tradition in philosophical, religious, and institutional context*, 600 B.C. to A.D. 1450, Chicago: University of Chicago Press, 1992.
- [14] G. Lloyd, *Early Greek Science: Thales to Aristotle*, New York: W. W. Norton & Co, 1970.
- [15] O. Neugebauer, *A history of ancient mathematical*

- astronomy*, Berlín: Springer, 1975.
- [16] R. Newton, *The crime of claudius Ptolemy*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1977.
- [17] O. Pedersen, *Early physics and astronomy: a historical introduction* (2nd ed.), Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- [18] C. Ptolomeo, *Tetrabiblos o los cuatro libros de los juicios de los astros y el centiloquio o las cien sentencias*, Madrid: Dilema, 2013.
- [19] ----- *Almagesto sobre las medidas de las líneas rectas*, Andalucía: Maxtor, 2003.
- [20] J. Kepler, *Sobre la estrella nueva aparecida en el pie de serpentario*, Málaga: Libros Encasa. Ediciones y Publicaciones, 2009.
- [21] G. Galileo y J. Kepler, *La Gaceta Sideral. Conversación con el mensajero sidereal*, Madrid: Alianza, 2007.
- [22] M. Campuzano, *Kepler y Newton: encuentros con la armonía sideral*. Madrid: Vision net, 2011.
- [23] J. Kepler, *El sueño o la astronomía de la Luna*, Huelva: Universidad de Huelva, 2013.
- [24] J. Banville, *Kepler*, Buenos Aires: Edhasa, 2004.
- [25] S. Hawking, *A hombros de gigantes: las grandes obras de la física y la astronomía*, Barcelona: Crítica, 2010.
- [26] J. Kepler, *El secreto del Universo*, Madrid: Alianza, 1992.
- [27] J. Godwin, *Armonía de las esferas*, Vilahür: Atalanta, 2009.
- [28] T. Kuhn, *La revolución copernicana: la astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento occidental*, Barcelona: Ariel, 1996.
- [29] M. Caspar, *Johannes Kepler*, Madrid: Acento Ediciones, 2003.
- [30] J. Luminet, *El tesoro de Kepler*, Barcelona: Ediciones B, 2009.
- [31] R. Van Gent, *Cellarius. Armonía macroscópica*, Colonia: Taschen Benedikt, 2007.
- [32] J. López, *Nicolas Copérnico en el quinto centenario de su nacimiento (1473-1973)*, Habana: Academia de las Ciencias de Cuba, 1973.
- [33] F. Hoyle, *De Stonehenge a la cosmología contemporánea: Nicolas Copérnico* (3.ª ed.), Madrid: Alianza, 1986.
- [34] B. Arbaizar, *Nicolas Copérnico*, Coruña: Baia Edicions, 2002.
- [35] G. Bruno, *Del infinito, el universo y los mundos*, Madrid: Alianza, 1998.
- [36] G. Galilei, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*, Madrid: Alianza, 2011.
- [37] G. Galilei y J. Kepler, *La gaceta sidereal. Conversación con el mensajero sideral*. Madrid: Alianza, 2007.
- [38] G. Galilei, *Carta a Cristina de Lorena y otros sobre ciencia y religión*, Madrid: Alianza, 2006.
- [39] G. Galilei, *Diálogos sobre los sistemas del mundo*, Andalucía: Maxtor, 2010.
- [40] M. White, *Galileo Anticristo*, Cordoba: Almuzara, 2009.
- [41] K. Stanley, *El Sueño de Galileo*, Barcelona: Minotauro, 2010.
- [42] S. Biro, *La mirada de Galileo*, Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 2010.
- [43] J. Ortega, *En torno a Galileo*, Madrid: Biblioteca Nueva, 2005.
- [44] P. Strathern, *Galileo y el sistema solar*, Ciudad de México: Siglo XXI, 1999.
- [45] M. Artigas y W. Shea, *El caso Galileo: mito y realidad*, Madrid: Encuentro, 2009.
- [46] D. Hernández, *Astronomía Fundamental. Universidad de Valencia. Servei de vidas de Pitágoras* (2.ª ed.), Vilahür: Atalanta, 2014.
- [47] C. Sagan, *Cosmos*, Barcelona: Planeta, 2000.
- [48] J. Vernet, *Astrología y astronomía en el Renacimiento: la revolución copernicana*, Barcelona: El Acantilado, 2000.
- [49] R. Corfield, *La vida de los planetas: una historia natural del sistema solar*, Barcelona: Paidós Ibérica, 2009.
- [50] C. Flammarion, *Vida de Copérnico e historia del descubrimiento del sistema del mundo*, Andalucía: Maxtor, 2011.
- S. Ross Taylor, *Nuestro sistema solar y su lugar en el cosmos: destino y azar*, Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [51] D. Lindberg, *The beginnings of western science: the european scientific tradition in philosophical, religious, and institutional context, prehistory to A.D. 1450* (2nd ed.), Chicago: University of Chicago Press, 2010.
- [52] B. Russell, *A History of western philosophy*, London: Routledge Chicago, 2013.
- [53] M. Finocchiaro, *The essential Galileo*, Indianapolis, IL: Hackett, 2008.
- [54] J. Lattis, *Between Copernicus and Galileo: Christoph Clavius and the collapse of ptolemaic cosmology*, Chicago: University of Chicago Press, 1995.
- [55] D. Densmore, *Selections from Newton's principia*, Santafé: Green Lion Press, 2004.

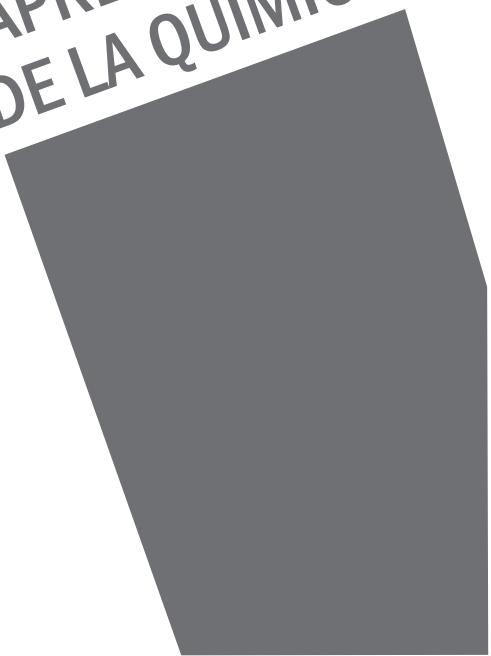
AUTORES

Johnson Bohórquez es docente del Gimnasio Colombo Británico, Bogotá, Colombia, y la Universidad Pedagógica Nacional (profesor invitado al espacio electivo de Astronomía en la Maestría de Docencia en las Ciencias Naturales que ofrece el departamento de Física), (E-mail: johnsonbohorquez@hotmail.com)

Francisco Orozco Es docente de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia, (E-mail: fjorozco21@gmail.com)

Citar este artículo como:
Bohórquez, J. V. y Orozco, F. J. Modelo y modelización en la historia de las ciencias, Revista TECKNE, 13(1): 34-44. 2015.

APRENDIZAJE
DE LA QUÍMICA



DIFERENCIAS EN EL SISTEMA DE CREENCIAS DE ESTUDIANTES PARA EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA

DIFFERNCES IN THE BELIEF SYSTEM OF HIGH SCHOOL STUDENTS FOR LEARNING CHEMESTRY

M. Ávila,¹ S. López,¹ S. Núñez,¹ E. Ramírez¹ y A. Ruiz¹

¹ Estudiantes de la Maestría en Educación con acentuación en la enseñanza de las ciencias del Tecnológico de Monterrey, México

RESUMEN

Este artículo presenta el resultado de la investigación que tuvo como objetivo identificar las creencias de los estudiantes de química en preparatoria y determinar si, de acuerdo con su género, existen diferencias para el reconocimiento de estrategias en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El trabajo se llevó a cabo con una metodología mixta constituida por una fase cuantitativa y otra cualitativa. En la fase cuantitativa se usó el cuestionario de Salta y Tzougraki (2004) adaptado a estudiantes latinos por Molina, Carriazo y Fariñas (2011); este cuestionario contiene 23 preguntas cerradas (escala Lickert) y tiene como propósito conocer las creencias respecto a la importancia, dificultad, interés y utilidad de la química. En la fase cualitativa se hizo una entrevista sobre aspectos específicos y personales de los estudiantes respecto a la química, se indagó desde los sentimientos o emociones que la asignatura les despierta, hasta los hábitos de estudio que tienen y la influencia que ejerce su profesor. Después de la aplicación, se realizó un análisis estadístico de los valores obtenidos del cuestionario que, posteriormente, fueron comparados con los resultados de las entrevistas. En los resultados se observó que las creencias de los estudiantes mantienen una tendencia general común, según lo que se reporta en la bibliografía; sin embargo, se presentan diferencias entre los géneros. Los varones centran la responsabilidad del aprendizaje en el docente y prefieren temas fáciles de resolver; las mujeres, entre tanto, consideran que su aprendizaje depende de ambas partes y centran su interés en la aplicación práctica. En conclusión, el sistema de creencias de los adolescentes determina la percepción de su papel en la enseñanza-aprendizaje, que es distinto para hombres y mujeres en áreas específicas con tendencias compartidas en otras. Conocer las diferencias ayuda al docente a promover estrategias para la elaboración de materiales de aprendizaje que apoyen las competencias de autodirección, autoaprendizaje y compromiso social que se desean en el perfil de egreso de los alumnos, de acuerdo con el modelo TEC21.

PALABRAS CLAVE: enseñanza-aprendizaje, creencias, género, química, materiales de aprendizaje.

ABSTRACT

This article presents the results of an investigation whose objective was to identify what beliefs of chemistry students in school are and whether there are differences according to their gender recognition strategies in the teaching-learning process; work was performed with a mixed methodology consisting of a quantitative and a qualitative phase. In the quantitative phase the Tzougraki/Salta questionnaire (2004) adapted to Latino students by Molina, Carriazo and Farias (2011) was used. The purpose of this questionnaire is to know the beliefs regarding the importance, difficulty, interest and usefulness of the chemical, and it consists of 23 closed questions (Likert scale). In the qualitative phase an interview on specific and personal aspects of as they relate to chemistry, from the feelings / emotions that the subject evokes to the study habits and influence the teacher was employed. After application, a statistical analysis of the values obtained from the questionnaire was carried out and compared with the results of the interviews. The results shows that the beliefs of the students maintain a common general trend, in line with what is reported in the literature and reflecting differences between genders. Males place the responsibility for learning on the teacher and prefer to resolve easy issues, whereas females believe their learning depends on both parties and focus their interest on practical application. In conclusion the belief system of adolescents, determines the perception of their role in teaching and learning and this process is different for males and females in specific areas with shared trends in others. Knowing

the differences helps the teacher to promote strategies that support the skills of self-direction, self-learning and social commitment are desired in the graduate profile of pupils according to the TEC21 model.

KEYWORDS: teaching-learning, beliefs, gender, chemistry, learning materials.

I. INTRODUCCIÓN

El trabajo muestra los resultados de la investigación mixta y su análisis, cuyo propósito es dar respuesta a la pregunta de investigación relacionada con si existen diferencias entre el sistema de creencias (variable dependiente) y el género (variable independiente) de los estudiantes del nivel medio superior de distintas instituciones educativas. Para la puesta en práctica de la fase cuantitativa se eligieron, a conveniencia, grupos de estudiantes de distintas instituciones educativas de nivel medio superior, con diversas condiciones sociales, económicas y culturales. Se aplicó un instrumento de medición adaptado por Salta y Tzougraki [1], que clasifica el sistema de creencias de los estudiantes de bachillerato en dimensiones que comprenden la importancia, dificultad, interés y utilidad del curso de química. Seguidamente, en la fase cualitativa, se aplicó una entrevista semiestructurada a veinte alumnos seleccionados al azar, para valorar las mismas variables y, de ese modo, dar respuesta a la pregunta de investigación, según los resultados de la medición entre el sistema de creencias y el género de los estudiantes.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El término creencias epistemológicas se refiere a las ideas que una persona tiene respecto al conocimiento y la forma como es adquirido [2]. Todos los individuos construyen el conocimiento a partir de su conocimiento previo, sus características sociales y su sistema de creencias; algunas creencias van cambiando con el paso de los años, mientras que otras se vuelven resistentes.

Diversos autores clasifican las creencias en ingenuas y sofisticadas. Las primeras tienen una concepción absoluta del conocimiento; las segundas, lo conciben de forma relativa [2]. Durante los últimos 20 años las investigaciones sobre las creencias epistemológicas han contemplado dos factores importantes: su dimensionalidad y su generalidad o especificidad.

En lo que respecta a la dimensionalidad, la certeza y simplicidad han sido estudiadas, así como la fuente

y justificación del conocimiento. También han sido medidas la velocidad de aprendizaje, la estructura, construcción y modificación del conocimiento, lo mismo que las características del éxito y la consecución de la verdad en los estudiantes [3].

De forma más específica, para la asignatura de química, se clasificó el sistema de creencias de los estudiantes de bachillerato en dimensiones que comprenden la importancia, dificultad, interés y utilidad del curso de química [1].

Dichas dimensiones fueron medidas [1] con cuestionarios compuestos con cierto número de preguntas por cada dimensión. Los resultados demostraron que las dimensiones del sistema de creencias se desarrollan de forma independiente; dicho en otras palabras, los estudiantes tienen creencias más maduras en algunas dimensiones y menos maduras en otras [2]; además, que los resultados en cada dimensión se ven fuertemente influenciados por factores como la edad, experiencia y, sorprendentemente, por el género [2].

Es en relación a este último punto que se pretende determinar, mediante el presente trabajo de investigación, si realmente existen diferencias en el sistema de creencias de los estudiantes de química de bachillerato de acuerdo con su género. En este estudio la variable independiente es el género y la variable dependiente es el sistema de creencias.

La investigación de Salta y Tzougraki [1] demuestra que en estudiantes de bachillerato de nacionalidad griega, no hay diferencias entre las creencias de cada género respecto a las ciencias químicas; el mismo estudio indica que en países como Israel, las mujeres tienen creencias menos positivas hacia la química en comparación con los hombres.

III. REFERENTES TEÓRICOS

El marco teórico está fundamentado en el proceso de

enseñanza-aprendizaje y su potencial complejidad, debido al antagonismo que se da entre las creencias o ideas previas que tienen los estudiantes en su estructura cognoscitiva (que a su vez depende del soporte cultural), y el saber científico ya establecido universalmente por comunidades inalcanzables y lejanas de su contexto diario. Estas diferencias deberían ser el objeto de estudio del docente-investigador para iniciar tal proceso, y es justamente esta, la importancia de las pruebas diagnósticas. El problema se incrementa cuando los docentes de ciencias naturales o matemáticas no son conscientes de esta realidad.

Igualmente, Izquierdo [4] hace referencia a la relación que existe entre la crisis del sistema educativo y la crisis del modelo científico, por lo que se requiere una redefinición muy profunda de los modos de hacer ciencia. La imagen social que se tiene de la ciencia y del trabajo de los científicos no corresponde con la concepción actual ya nombrada; por ejemplo, se cree que todo lo que sea científico es difícil, seguro, bueno, cierto y serio, esto es muy utilizado desde la publicidad para aumentar el consumo de diversos productos [5].

En consecuencia, el mismo autor afirma que lo más preocupante es que los alumnos desarrollan estos estereotipos por la influencia del contexto social y, lamentablemente, a través de la misma escuela desde un currículo oculto que los refuerza y mantiene. Los docentes y directivos de los colegios tienen el deber de modificar estas ideas erróneas o creencias y trabajar desde la didáctica de las ciencias naturales para cambiar y avanzar hacia una formación flexible donde el conocimiento científico no se considere superior a otros tipos de conocimiento, por ejemplo, el cotidiano, escolar, profesional, etc.

De este modo, la enseñanza de la ciencias naturales se debate diariamente entre los siguientes interrogantes: ¿por qué existen obstáculos epistemológicos o creencias y de dónde surgen? ¿Cómo se puede realizar una caracterización de esos conocimientos previos, de manera rápida y eficaz? ¿Por qué dichos obstáculos son más difíciles de superar en los saberes científicos que en los saberes sociales? ¿Por qué la gran mayoría de estudiantes presenta resistencia para la acomodación y asimilación del conocimiento científico y unos pocos sí lo logran? ¿Por qué son muy pocos los estudiantes que superan los desequilibrios entre procesos de acomodación y asimilación, siendo estos algunos de los más frecuentes?

Para Bachelard [6] las ideas previas o los errores conceptuales actúan como obstáculos epistemológicos que se dan por la proliferación de la opinión como única verdad y el utilitarismo, textualmente se indica que:

“Hace unos veinte años, un epistemólogo irreverente decía que los grandes hombres son útiles a la ciencia en la primera mitad de su vida, nocivos en la segunda mitad. El instinto formativo es tan persistente en ciertos hombres de pensamiento que no debemos alarmarnos. Pero al final el instinto formativo acaba por ceder frente al instinto conservativo. Llega un momento en el que el espíritu prefiere lo que confirma su saber a lo que lo contradice, en el que prefiere las respuestas a las preguntas. Entonces el espíritu conservativo domina, y el crecimiento espiritual se detiene” [6].

Furió [7] argumenta que existen tres causas fundamentales para la existencia y persistencia de preconcepciones. La primera, es que la cultura científica todavía no ha llegado a integrarse en esa cultura popular. Estas ideas de sentido común se presentan como naturales; lo que significa que para los estudiantes siempre han estado ahí afuera, en la realidad externa, sin darse cuenta de que muchas de ellas han sido construidas con paradigmas anteriores a los actuales. Otras vendrían originadas por las formas de razonar, es decir, por componentes epistemológicos y metodológicos del pensamiento en la cotidianidad.

Igualmente, culpa a científicos y filósofos por la tendencia a unificar fenómenos. Por ejemplo, la unidad de acción del Creador, la unidad del plan de la naturaleza, la unidad lógica, la tendencia a enunciar principios de certidumbre. Pero más grave que una transmisión directa de concepciones incorrectas que tienen, sobre todo, se podría decir que un síntoma, es la visión que se transmite del trabajo científico: los conceptos son introducidos de forma no problemática, es decir, sin referencia a los problemas que condujeron a su construcción y sin detenerse en los conflictos de ideas que el tratamiento de esos problemas generó. Además, se olvida que “las ciencias físicas y químicas, en su desarrollo contemporáneo, pueden caracterizarse epistemológicamente como dominios del pensamiento que rompen netamente con los conocimientos vulgares” [7].

Finalmente, los resultados mediocres obtenidos en el aprendizaje de conceptos científicos, son originados también, por ‘falta de comprensión’ del profesorado, es

decir, la propia enseñanza. Conviene detenerse, pues, en analizar la posible inadecuación de esa enseñanza para facilitar la adquisición de los conocimientos científicos [6].

Sin embargo, las creencias y preconcepciones son necesarias en el proceso de enseñanza-aprendizaje, si se considera que el conocimiento, por definición, es significativo, resultante de un proceso psicológico cognitivo que implica la interacción de las ideas culturalmente representativas (ideas previas), que actúan como ‘ancla’ de la estructura cognitiva de cada alumno y su propio mecanismo mental para aprender verdaderamente [8].

Además, en el aprendizaje, el innatismo se refiere justamente a esa capacidad innata que tenemos los seres humanos para aprender nuestra lengua materna de una manera más fácil [9]. Por último, en nuestro cerebro las conexiones sinápticas que se llaman factores tróficos son las que nos permiten nuestra adaptación evolutiva, estos son conocimientos que ya están y que de cierta manera se desarrollan si el medio cultural les favorece, si no desaparecen; por ejemplo, aprender a montar bicicleta no se olvida, pero aprender a derivar en matemáticas, sí se olvida si no se practica frecuentemente, debido a que estas conexiones no son sinapsis estables.

La organización psicológica del conocimiento funciona como una estructura jerárquica en la que los conceptos más inclusivos ocupan una posición superior; sin embargo, los estudiantes pueden desarrollar un mecanismo de aprendizaje de memoria, si se les presiona para exhibir la fluidez o encubrirla, en lugar de admitir y remediar gradualmente deficiencias en la comprensión genuina; esto parece menos difícil y más importante para crear una falsa impresión si se memorizan algunos términos o frases clave, que hacer un verdadero esfuerzo para entender lo que significan. Los profesores subestiman a menudo el hecho de que los estudiantes llegan a ser muy hábiles en el uso de términos abstractos con una adecuación aparente, pero cuando se le pide la comprensión de conceptos, esta es prácticamente nula [8].

No obstante, es necesario para el aprendizaje significativo que las creencias y el contenido de las ideas relevantes estén disponibles en la estructura cognitiva del alumno, para cumplir con la función de subsunción y anclaje; el contenido de estas estructuras cognitivas relevantes de diferentes alumnos son las variables más importantes para determinar. Así, que

es bastante comprensible que el significado potencial de los materiales de aprendizaje varíe no solo con información educativa, sino también por factores como la edad, el coeficiente intelectual, ocupación, clase social y participación cultural [8].

El objeto de estudio de esta investigación fue el factor género, que pretende apoyar las competencias de autodirección, autoaprendizaje y compromiso social que se desean en el perfil de egreso de los alumnos de acuerdo con el modelo TEC21. Para Schoenfeld [10] es deber de la educación fomentar el desarrollo de habilidades metacognitivas, es decir, estimular en los estudiantes la capacidad de conocer la naturaleza del propio pensamiento para autorregularse y establecer el tipo de estrategias de aprendizaje más efectivas; en este sentido, se aclara que la autorregulación es un componente cognitivo de la motivación intrínseca de un individuo que permite el control de su propia motivación y de sus emociones, para adaptarse a circunstancias cambiantes.

Igualmente, desarrollar competencias metacognitivas favorece la transferencia del conocimiento, es decir, la probabilidad de que la información o las habilidades aprendidas en una situación se transfieran a otra [9]. Este estudio centró sus intereses en las posibles diferencias que existen entre hombres y mujeres frente al impulso y desarrollo de dichas competencias, fundamentales para el buen desenvolvimiento y éxito final del proceso de enseñanza-aprendizaje. Además se debe recordar que el enfoque actual de la educación avanza en un ambiente de incertidumbre y supuesta desorganización; Chadwick [11], lo llama posepsicología, y para este tipo de estudios representa un valioso aporte.

Dicho enfoque hace parte de la llamada popularización de la ciencia [12]; con ella se puede desafiar creencias arraigadas, como la que asegura que la ciencia es difícil de aprender y de enseñar. El impedimento ha sido que la ciencia es relativamente nueva, el desarrollo escéptico, inquisitivo y experimental se inició con los Jonios hace 2500 años. Además la búsqueda de la verdad, así parezca confusa y contraria a la intuición, es función prioritaria de la ciencia, y dicha realidad ha sido negada por mucho tiempo a las mujeres, por lo que podrían existir diferencias marcadas en la forma de percibir la ciencia y su aprendizaje.

Un estudio concluyó que las alumnas emplean, en mayor medida, estrategias de ayuda para su aprendizaje (subrayados, remarques de las ideas principales,

resúmenes, repasos en voz alta) [13], es decir, un mayor empleo de estrategias de recordación (búsqueda de indicios y de codificaciones). También evidenció que ellas se preocupan más por el orden y presentación de los escritos. En el caso de estudios de Humanidades, las mujeres acuden más al uso de las relaciones sociales como soporte de la búsqueda de información y comprobación de su aprendizaje. En este estudio, no se confirman diferencias entre los hombres y mujeres que fueron analizados, relacionadas con la motivación. Asimismo, no aparecen contrastes significativos respecto al miedo, al fracaso o evasivas, por lo que dicha variable, junto con los niveles de ansiedad, han de seguir investigándose por la importante repercusión que pueden tener en la ejecución de tareas [13].

En relación con las estrategias de aprendizaje de los alumnos, en la misma investigación se observa un tipo de estudio metacognitivo (autopreguntas, autoinstrucciones y autorregulación), actividades exploratorias de búsqueda de las relaciones entre contenidos y de aplicaciones prácticas de los aprendizajes; lo más sobresaliente de estos resultados, es que ellos, en comparación con las alumnas, usan menos técnicas que configuran las estrategias de aprendizaje; lo que denota un tipo de estudio menos metódico, al margen de la especialidad cursada.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. FASE CUANTITATIVA

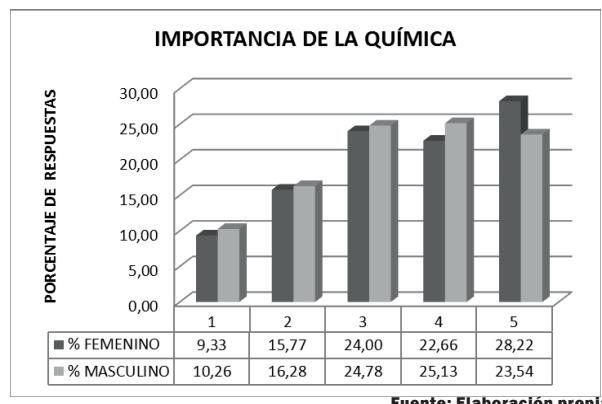
Para la fase cuantitativa, el Cuestionario de Actitud hacia la Química (CAQ) se analizó a partir del género y los ítems que lo componen para la comprobación o refutación de objetivos planteados. Los datos estadísticos del CAQ se muestran, de manera general, en la Tabla 1. Dichos datos evidencian que los alumnos presentan una actitud de indecisión con respecto a la química, (moda de 3 y una media aritmética de 3.2).

Tabla 1
Estadística del Cuestionario de Actitud hacia la Química

<i>Análisis estadístico</i>	
Moda	3
Mediana	3
Media aritmética	3.202194357
Min.	1
Máx.	5

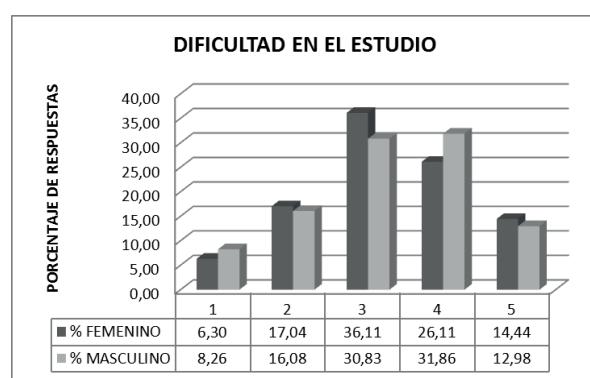
Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la importancia de la química, 25 % demuestra estar muy de acuerdo con la relevancia del curso. El porcentaje de mujeres que respondió favorablemente a este interrogante es 28 %, (127/450 reactivos) frente a 23 % de los hombres (133/565 reactivos [tablas en Anexo 2]). Ver Figura 1.



Fuente: Elaboración propia
Figura 1. Importancia dada a la química por los estudiantes teniendo en cuenta su género

Al analizar el ítem correspondiente a la dificultad en el estudio, se encontró que la mayoría de los alumnos presenta una posición neutral. Sin embargo, al observar las diferencias de género, los hombres mostraron estar de acuerdo con la dificultad que representa el estudio de la química en un porcentaje mayor que las mujeres. Ver Figura 2.



Fuente: Elaboración propia
Figura 2. Dificultad para el estudio de la química manifestada por los estudiantes teniendo en cuenta su género

Con respecto al interés por el curso de química, la concordancia con el mayor porcentaje demuestra que es indiferente tanto para hombres (22.9 %) como para mujeres (25.4%); esto, con respecto al resto de las respuestas dadas. Ver Figura 3.

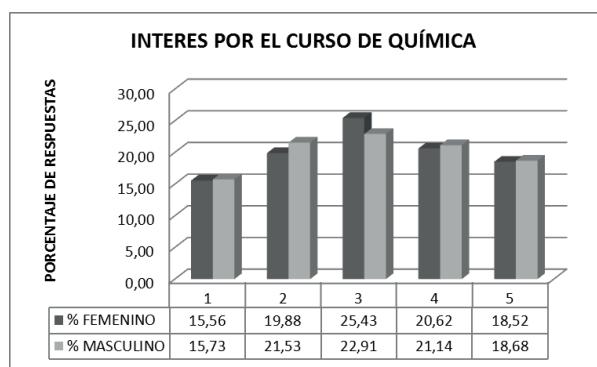


Figura 3. Interés por el curso de química manifestada por los estudiantes teniendo en cuenta su género

Por último, el análisis del ítem utilidad del conocimiento químico no mostró diferencias significativas entre hombres y mujeres, ambos géneros reflejan una actitud de indecisión (moda y mediana general de 3 y 3.07, respectivamente). Ver Figura 4.

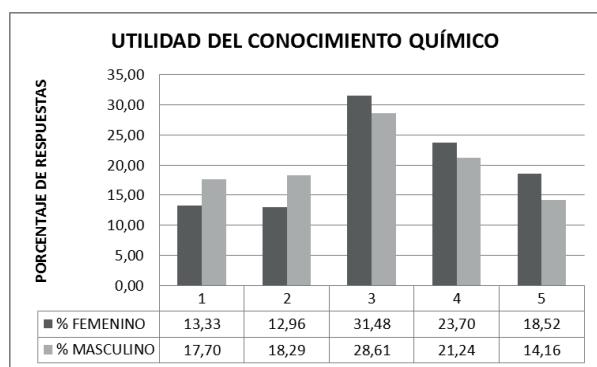


Figura 4. Utilidad que los estudiantes encuentran en el conocimiento químico teniendo en cuenta su género

Resumiendo, el CAQ muestra que los alumnos en general están de acuerdo con la importancia de la química; y aunque los hombres aceptan la dificultad que tienen con el curso, en el resto de los aspectos de actitud no se manifiestan diferencias importantes, lo que confirma su indiferencia ante el interés y utilidad del conocimiento relacionado con esta área .

B. FASE CUALITATIVA

Para el análisis cualitativo, las respuestas de los estudiantes se codificaron y categorizaron en un sistema de matrices en función del género (diez hombres y diez mujeres) y se agruparon en cuatro categorías: (a) Interés por la química (preguntas: 1, 4, 5, 10 y 12); (b) Dificultad en el estudio de la química (preguntas: 2, 3, 6, 8 y 9); (c) Utilidad del conocimiento (preguntas: 11 y 13); y (d)

Importancia de la química (pregunta 7). En general, se encontró que las categorías en las que se posicionan las creencias que más dominan, tanto a hombres como a mujeres, son las mismas: Dificultad en el estudio de la química e Interés por la química.

A nivel particular, en la categoría Dificultad en el estudio de la química, nueve de los estudiantes masculinos entrevistados creen, firmemente, que aprender química depende de tener un buen maestro; nueve de diez estudiantes no se rinden e intentan resolver problemas de química que no comprenden, mientras que ocho de diez estudiantes entrevistados creen que mejorar sus hábitos de estudio les ayudará a entender mejor los conceptos químicos que no han comprendido.

En la categoría Interés por la química, todos los estudiantes entrevistados de género masculino creen que existen temas fáciles y difíciles, razón por la que consideran que los temas sencillos son los que pueden entender mejor. Por otro lado, ocho de cada diez estudiantes se motivan cuando realizan sus tareas correctamente.

Dentro de la categoría Dificultad en el estudio de la química, nueve de cada diez estudiantes de género femenino no se rinden; ocho de cada diez estudiantes creen que mejorar sus hábitos de estudio les ayudará a comprender mejor los temas; y nueve de cada diez estudiantes relacionan los temas de química con lo que pasa a su alrededor. Para la categoría Interés por la química, todas las participantes entrevistadas se motivan cuando concluyen una tarea con éxito y tienden a seguir realizándola de la misma forma; a nueve de las diez participantes les gusta, por lo menos, un tema de química, pero a diferencia de los hombres es más por su importancia o interés personal, que por su facilidad.

Como resultado del análisis cualitativo se detectó que tanto hombres como mujeres creen que el conocimiento de la química no es producto de la creatividad, sino de un método científico complejo que involucra un conjunto de pasos serios y formales. Ambos géneros también tienen la firme creencia de que mejorar sus hábitos de estudio les permitirá comprender mejor los contenidos; del mismo modo, afirman que realizar una tarea de química, de forma exitosa, los motiva para emprender otras actividades de la misma manera. Los resultados obtenidos en el análisis cualitativo arrojan diferencias en el sistema de creencias entre hombres y mujeres; son dos las creencias más dominantes en los hombres, la primera, que el aprendizaje de la química

depende totalmente de tener un buen maestro y, la segunda, que los temas que más les gustan son los que tienen un procedimiento fácil.

A diferencia de los hombres, la creencia más dominante de las mujeres es que los temas que les parecen más atractivos, son aquellos de enorme importancia o por los que tienen mayor interés personal, en lugar de los que implican un sencillo procedimiento de solución.

V.CONCLUSIONES

La pregunta que dirigió este trabajo de investigación fue si ¿existen diferencias en el sistema de creencias de los estudiantes de química de bachillerato, de acuerdo con su género? Los resultados cuantitativos indican que no hay diferencias entre las creencias de hombres y mujeres, en dicho análisis los integrantes de ambos géneros creen firmemente que la química es importante para mejorar su calidad de vida y resolver problemas ambientales y sociales. Estas creencias se encuentran situadas en las categorías: Importancia de la química e Interés por la química, sin embargo, a pesar de la relevancia que los estudiantes reconocen de dicha asignatura, muy pocos desearían tener más horas de clase de química.

Los resultados del análisis cualitativo coinciden con los resultados del análisis cuantitativo, al indicar que el sistema de creencias más dominante, tanto en hombres como en mujeres, se encuentra en la categoría Interés por la química; el 100 % de los estudiantes entrevistados de género masculino y el 90 % de género femenino afirmaron que, por lo menos, un tema de química les ha gustado; las razones son diferentes, los hombres por la facilidad de los procedimientos mientras que las mujeres, por su importancia, utilidad, interés y aplicación en la vida diaria.

Como punto importante de los resultados del análisis cualitativo y cuantitativo, hay que mencionar que una inmensa mayoría de los estudiantes de ambos géneros no desea estudiar una carrera relacionada con la química; solo uno de los estudiantes entrevistados (hombre) manifestó querer adelantar estudios en química. Con el análisis cuantitativo se demostró que la respuesta más frecuente a si ¿consideraría tener una profesión relacionada con la química?, los hombres estuvieron en desacuerdo; mientras que las mujeres estuvieron indecisas.

En los resultados presentados en las gráficas y en las entrevistas no se observa que hombres ni mujeres tengan creencias diferentes respecto al interés por la química. En cuanto a la utilidad del conocimiento, dificultad en el estudio e importancia de la química, las diferencias son muy leves, oscilan entre un 2 % y un 4%. Asimismo, en lo que difieren en mayor grado, cualitativamente hablando, es en sus motivaciones y apreciaciones personales, tal y como se muestra al correlacionar las entrevistas y categorías de la fase cualitativa; en esta parte, la creencia más dominante en la totalidad de los varones entrevistados es que el aprendizaje depende de “tener un buen profesor”; mientras que en ellas la respuesta que predomina corresponde a que “hay una corresponsabilidad entre la alumna y el profesor”.

En lo concerniente a la validez interna se evaluó la sensibilización del test, en este caso del instrumento utilizado (Cuestionario de Actitud hacia la Química), y se comprobó que es altamente confiable en las categorías: Dificultad en el estudio y comprensión de la química y Utilidad del conocimiento químico; esto se demuestra mediante el cálculo de los coeficientes de Pearson; también, de acuerdo con esta medida de asimetría, la validez del instrumento es moderada en las categorías: Importancia de la química e Interés por la química, ya que en ellas se encontró un mayor sesgo. En caso de que el estudio se repita, sería conveniente hacer modificaciones a las preguntas de las dos últimas categorías mencionadas.

Durante la aplicación del instrumento Entrevista semiestructurada, se observó en algunos alumnos que sus respuestas estaban condicionadas a la presencia del profesor, sobre todo, en las preguntas referentes a actividades inconclusas, gusto por la química y desempeño del profesor; esto sucedió pese a que al inicio de la entrevista se les informó que los resultados no tendrían repercusión negativa o positiva en la calificación y que serían tratados de forma anónima y confidencial. En caso de repetir el estudio, sería conveniente que este instrumento cambiara de entrevista a test, para que el alumno no interactúe con el profesor durante el proceso, y sus respuestas sean más confiables.

Una variable que pudo haber afectado el estudio es la maduración, ya que el rango de edad es muy inconstante y el incremento de conocimientos o experiencias pudo haber interferido en el resultado de las respuestas.

Para finalizar, en lo referente a la validez externa, el estudio realizado en la presente investigación, en sus formas cualitativa y cuantitativa, puede aplicarse sobre grupos estudiantiles de escuelas preparatorias tanto, públicas como privadas, de la República Mexicana y sus niveles equivalentes en otros países. También es generalizable a estudiantes de las asignaturas de química (tronco común) de los primeros semestres de nivel superior.

REFERENCIAS

- [1] K. Salta y C. Tzougraki, *Attitudes toward Chemistry among 11th grade students in High Schools in Greece*, Wiley Periodicals Inc, 88, pp. 535-547, 2004.
- [2] M. Sánchez, Creencias epistemológicas de estudiantes de medicina. *Scientific Electronic Library Online*, 28(1), pp. 31-35, 2008.
- [3] A. Casino, A. Córdoba, J. García, J., L. Linares, y M. Martí, ¿Conocemos a nuestros estudiantes? Las creencias epistemológicas y el sistema de valores en el EEEES. *@tic.revista d'innovació educativa*, 10, pp. 24-32, 2013.
- [4] M. Izquierdo, Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar, *The Journal of the Argentine Chemical Society*, vol. 92, N.º 4/6, pp. 115-136, 2004, Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/aaqa/v92n4-6/v92n4-6a13.pdf>
- [5] L. Liguori y M.I. Noste, *Didáctica de las ciencias naturales: enseñar ciencias naturales: enseñar a enseñar ciencias naturales*. Argentina: Homo Sapiens Ediciones, 2013, Disponible en: <http://0-site.ebrary.com.millenium.itesm.mx/lib/consorcioitesmsp/docDetail.action?docID=10721809&p00=ense%C3%BCanza%20ciencias%20liguori%20noste>
- [6] J. Bachelard, *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XXI Editores, 1979.
- [7] C. Furió, Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química, Revista de la Facultad de Química*, vol.11, N.º 3. pp. 300-308, 2000, Disponible en: http://www.cad.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/medio_superior/ens_3/8_material_didactico/mat_didac_quimica/DIFICU_CONCEP_Y_EPISTEMOLOGICAS.pdf#page=14
- [8] Ausubel, *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Paralelo Editora Lda, 2000. Disponible en: [file:///C:/Documents%20and%20Settings/pc/Mis%20documentos/Downloads/ausebel%20\(2\).pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/pc/Mis%20documentos/Downloads/ausebel%20(2).pdf)
- [9] J. Ormrod, *Aprendizaje humano*. Madrid: Pearson Educación /Prentice Hall, 2008.
- [10] A. Schoenfeld, Reflections on problem solving, theory and practice. *TME*, vol. (10), pp. 9-33, 2013.
- [11] C. Chadwick, La psicología de aprendizaje del enfoque constructivista, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, Vol 31(4), pp. 111-126, 2001
- [12] C. Sagan y D. Udina, *El mundo y sus demonios*. Barcelona: Planeta, 1997.
- [13] F. Martín Del Buey y F. Suárez, Diferencias de género en los procesos de aprendizaje en universitarios, *Psicothema*, Vol 13(4), pp. 598-604, 2001.

AUTORES

Alexandra Ruiz Martínez: Es licenciada en química y biología con una especialización en análisis químico instrumental y Magister en Educación con acentuación en enseñanza de las Ciencias por el Tecnológico de Monterrey. Actualmente se desempeña como docente de Química en la universidad militar nueva granada. (E-mail: alexandra_ruiz@unihorizonte.edu.co)

Eyra Nidia Ramírez Gallegos: Es Ingeniero Químico Industrial, actualmente se desempeña como profesora de Ciencias en Prepa ITESM CEM. Es candidata a Magister en Educación con Acentuación en Enseñanza de las Ciencias. Tecnológico de Monterrey. (E-mail: eyranix@gmail.com)

Martha Patricia Ávila Cisneros: Es Química Farmacéutica Bióloga, actualmente se desempeña como coordinadora y profesora del área químico biológica del 3er semestre de la preparatoria del Tecnológico de Monterrey CEM. Es candidata a Magister en Educación con Acentuación en Enseñanza de las Ciencias. Tecnológico de Monterrey, México (E-mail: mcisnero@itesm.mx)

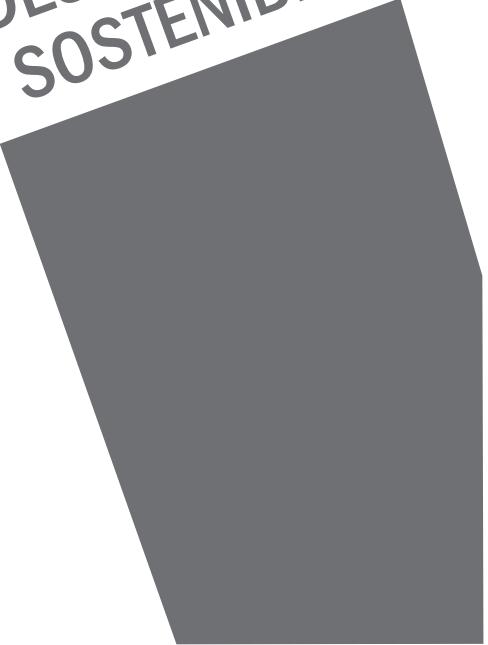
Sergio López Cabrera: es Químico Farmacéutico Biólogo, actualmente se desempeña como profesor de Química, Física y Biología en CONALEP plantel Nogales y en el Colegio Pedro de Gante. Es responsable del laboratorio de análisis clínicos del Hospital General de Nogales dependiente de la Secretaría de Salud.

Candidato a Magister en Educación con acentuación en enseñanza de las Ciencias por el Tecnológico de Monterrey.(E-mail: selop1966@gmail.com)

Susana Núñez López: Es Licenciada en Nutrición y Bienestar Integral, fue profesora de la Universidad Benemérito de las Américas, y actualmente se desempeña como Responsable - Docente del Telebachillerato Comunitario Núm. 101. Es Magister en Educación con Acentuación en Enseñanza de las Ciencias
(E-mail: susana.nunez@outlook.com)

Citar este artículo como:

Ávila, M., López, S., Núñez, S., Ramírez, E., y Ruiz, A., *Diferencias en el sistema de creencias de estudiantes para el aprendizaje de la química*, Revista TECKNE 13(1):46-54, 2015.



EDUCACIÓN
PARA EL
DESARROLLO
SOSTENIBLE

EVALUACIÓN DEL ANTAGONISMO DE CEPAS DE *Trichoderma* spp. FRENTE A CEPAS DE *Fusarium* spp. Y *Colletotrichum* spp. AISLADAS DE CULTIVOS ORGÁNICOS DE SÁBILA (*Aloe vera*) Y ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*)

EVALUATION OF THE ANTAGONISM OF *Trichoderma* spp. AGAINST *Fusarium* spp. AND *Colletotrichum* spp. STRAINS, ISOLATED FROM ALOE (*Aloe vera*) AND BLUEBERRY (*Vaccinium corymbosum*) ORGANIC CROPS

L.A. García¹

¹Fundación Universitaria Horizonte-UniHorizonte, Bogotá, Colombia

RESUMEN

El desarrollo sustentable debe tener en cuenta el impacto ambiental y el uso racional de los recursos en la toma de decisiones, así como una mayor participación de todos los sectores de la sociedad. Un claro ejemplo de consumo y producción irresponsable se observa en la agricultura tradicional, en la que se han empleado altas dosis de químicos afectando el ambiente y creando resistencia por parte de las plagas. Una estrategia de manejo de fitopatógenos es el uso de microorganismos antagonistas, lo cual se conoce como biocontrol. A partir de muestras de suelo y material vegetal se aislaron cepas del hongo *Trichoderma* y se evaluó su antagonismo contra los dos principales hongos fitopatógenos encontrados, empleando la técnica de enfrentamiento dual. Se observó que el porcentaje de inhibición (% inhibición) de *Trichoderma* spp., sobre el crecimiento de *Fusarium* spp., fue de 72% y contra *Colletotrichum* spp., fue de 59%. Estos resultados se consideran buenos, puesto que para que un producto sea considerado como biocontrolador efectivo en campo, debe arrojar al menos 60% de inhibición en la técnica de enfrentamiento dual en laboratorio. El mix de cepas de *Trichoderma* fue probado en campo y se enseñó a los cultivadores a propagarlos en sus fincas con materiales económicos y fáciles de conseguir lo cual permitió el intercambio de saberes y la implementación de tecnologías limpias garantizando la protección del medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: *Aloe vera*, control biológico, Fitopatógenos, *Trichoderma*, *Vaccinium corymbosum*.

ABSTRACT

Sustainable development must take into account the environmental impact and rational use of resources in decision-making, also a greater participation of all sectors of society. A clear example of irresponsible consumption and production is observed in traditional agriculture, which have been used high doses of chemicals affecting the environment and creating resistance from pests. A phytopathogenic management strategy, consist in the use of antagonistic microorganisms, which is known as biocontrol. *Trichoderma* strains were isolated from soil and plant samples and their antagonism was evaluated against the two major fungal pathogens found using the dual confrontation technique. It was observed that the percent inhibition (% inhibition) of *Trichoderma* spp., on *Fusarium* spp., growth was 72% and against *Colletotrichum* spp., was 59%. These results are considered useful, since to be considered as an effective biocontrol product in field it must show at least 60% inhibition in the technique of dual confrontation in the laboratory. The *Trichoderma* strains mix was tested in the field and then farmers learned how to propagate the mix on their farms using cheap and readily available materials which allowed the exchange of knowledge and the implementation of clean technologies guaranteeing environmental protection.

KEYWORDS: *Aloe vera*, biocontrol, plant pathogens, *Trichoderma*, *Vaccinium corymbosum*.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación aplicada, se generó como complemento ideal a una investigación formativa

en la cual se buscaba que un grupo de estudiantes, a través del juego de roles, realizaran diversas actividades

y tareas en cultivos con manejo orgánico de sábila (*Aloe vera*) y arándano (*Vaccinium corymbosum*), encaminadas a comprender los conceptos y el contexto de lo que implican la producción y el consumo sostenible (PyCS).

Es importante recalcar que actualmente los temas relativos a la sostenibilidad y de hecho el concepto mismo de sostenibilidad, muestran un vacío en cuanto a la poca comprensión y apropiación real que hay de los mismos por la población, encontrando que aproximadamente el 38% de los colombianos manifiestan no haber escuchado el término sostenibilidad o consideran que este no tiene nada que ver con ellos, mientras que otro preocupante 24%, aunque ha escuchado acerca del tema y se encuentra interesado, no tiene claridad en los conceptos y por lo tanto no sabe cómo actuar bajo los preceptos de la responsabilidad y la sostenibilidad de manera coherente y adecuada [1]. Estos datos coincidieron de cierta forma, con los encontrados tras realizar una encuesta en la que se encontró que la claridad en los conceptos y la apropiación de los mismos en cuanto a desarrollo, producción y consumo sostenible por los alumnos de UniHorizonte era relativamente baja (< 40%).

Lo anterior, muestra que la generación de estrategias pedagógicas enmarcadas en la educación para el desarrollo sostenible (EPDS) que permitan a los jóvenes, por medio de experiencias significativas, una mayor comprensión de lo que implica ser sustentable y les dé la oportunidad de generar y aplicar tecnologías limpias e intercambio de saberes y experiencias con otros, es trascendental si se desea llevar a cabo un verdadero cambio de conciencia y generar actitudes críticas frente al impacto ambiental generado por el hombre.

Por cientos de años, la agricultura contribuyó de manera considerable a la diversidad de especies y de hábitats; pero al ser esta cada vez más intensiva, especializada en monocultivos y enfocada al manejo agronómico con plaguicidas y fertilizantes sintéticos, la diversidad de recursos genéticos se vio afectada. De hecho, en la lista roja de especies en peligro de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) del año 2000 se resalta la pérdida del hábitat como la mayor amenaza a la que se enfrenta la biodiversidad, con las actividades agrícolas afectando al 70% de todas las especies de aves amenazadas y al 49% de todas las especies de plantas [2].

Guedéz *et al.*, [3] afirman que el manejo responsable del suelo, la sostenibilidad medioambiental y el uso

de controladores biológicos constituyen un aspecto promisorio para la protección del ambiente y el desarrollo humano sustentable, los cuales van de la mano; y que por esta razón, es necesario ampliar las investigaciones sobre la utilización de métodos biológicos para la protección de los cultivos, ya que el tradicional uso de agroquímicos ha traído como consecuencia la contaminación del medio ambiente y ha contribuido a aumentar los problemas de plagas y enfermedades, al favorecer el desarrollo de resistencia y la destrucción de sus enemigos naturales.

Existe un grupo importante de hongos y bacterias que presentan efectos antagonistas con otros microorganismos, por lo que se conocen como antagonistas. Su acción y diversos mecanismos han sido ampliamente aprovechados como una forma de control biológico de un sinnúmero de plagas en cultivos. Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* han sido ampliamente estudiadas como antagonistas y por lo tanto como agentes de control biológico por diversas características [4,5,6].

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto antagonístico de cepas nativas de *Trichoderma spp.*, provenientes de cultivos orgánicos de sábila (*Aloe vera*) y arándano (*Vaccinium corymbosum*), frente a un mix de *Fusarium spp* y otro de *Colletotrichum spp.*, para permitir su aplicación como biocontrolador de estas plagas por productores de sábila y arándano como parte del manejo orgánico de estos cultivos.

II.DISEÑO METODOLÓGICO

A. INSTALACIONES Y EQUIPOS

Las pruebas y observaciones se realizaron en los Laboratorios de suelos de la Universidad Nacional de Colombia y de la Fundación Universitaria Horizonte, así como en Las fincas Betania y Mahindra del Municipio de Guasca-Cundinamarca. Se utilizaron como equipos, un barreno de golpe, autoclave, un microscopio, un shaker, una incubadora y cámaras fotográficas.

B. MUESTRAS DE SUELO

Se tomaron muestras de suelo en las dos fincas de acuerdo a los protocolos establecidos por el Instituto geográfico Agustín Codazzi-IGAC [7] retirando la capa vegetal superior con ayuda de pala y rastrillo y empleando barreno de golpe para obtener muestras de una profundidad aproximada de 20 cm, ya que a esta distancia se presenta la mayor interacción entre las raíces de las plantas y el suelo.

Se realizaron dos muestreos: *i*) al azar en zig-zag, tomando 15 submuestras a lo largo y ancho de cada finca. Las submuestras de cada lugar se mezclaron luego en un balde limpio hasta tener una muestra compuesta homogénea de cada terreno. Por cada finca se obtuvieron dos muestras compuestas de 1 Kg, las cuales se colocaron en bolsas tipo Ziplock y se marcaron adecuadamente. *ii*) 12 Muestras puntuales en la rizósfera de plantas de sábila (6) y arándano (6) que en campo mostraron alguna sintomatología relacionadas a patologías por la presencia de hongos plaga. Estas muestras también se colocaron en bolsas Ziplock debidamente identificadas y selladas. Las muestras de suelo se preservaron a temperatura ambiente durante su transporte al laboratorio para ser analizadas (Figura 1)



Fuente: propia

Figura 1. Tipos de muestreo realizados en las fincas. Muestreo puntual en planta de arándano para evaluar el suelo de la rizósfera de las plantas (Izq) y muestreo compuesto empleando barreno de golpe a lo largo de la finca tomando suelo de varios puntos (Der).

C. MUESTRAS DE MATERIAL VEGETAL

Se tomaron al azar diversas muestras de material vegetal que incluían hojas, frutos y raíces de sábila y arándano, de acuerdo a la presencia de síntomas presuntivos de patologías. Todas las plantas afectadas en el campo se analizaron por las características descritas por Lozano *et al.*, [8] como marchitez generalizada, sistema vascular afectado con coloraciones marrones y rojizas, especialmente el xilema, con tallos corchosos y descascaramiento de la corteza. También se tomaron muestras de plantas sanas y otras en las que se observaba crecimiento micelial similar al presentado por *Trichoderma*. El material vegetal fue cuidadosamente recolectado empleando tijeras de poda y depositando las muestras en bolsas de papel identificando cada una con claridad. Posteriormente, las muestras fueron transportadas para su procesamiento en el laboratorio.

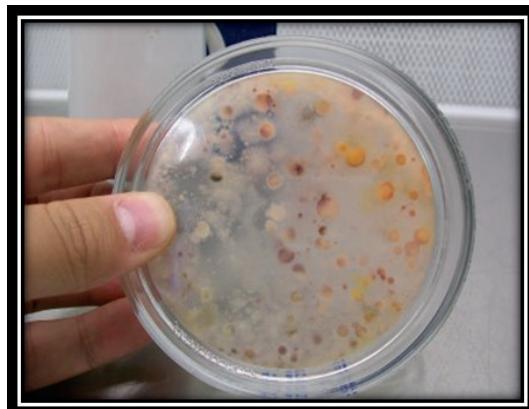
D. AISLAMIENTO DE LAS CEPAS DE BIOCONTROLADORES Y FITOPATÓGENOS

Se evaluaron 32 muestras (12 de suelo, 5 de raíces de sábila, 5 de pencas de sábila, 5 de raíces de arándano y

5 de hojas y tallos de arándano).

A partir de las muestras de suelo y de material vegetal recolectadas se realizaron soluciones madre que contenían 10 g de suelo en 90 mL de agua peptonada o 1 g de material vegetal por cada 9 mL de agua peptonada. Las diluciones madre se agitaron durante 1 h en el shaker y a partir de ellas se hicieron diluciones seriadas en base 10 hasta 10^{-5} . Se realizaron siembras en superficie (0,1 mL) por triplicado de todas las diluciones en agar papa dextrosa (PDA) suplementado con antibiótico, preparado de acuerdo al procedimiento descrito por Moya *et al.*, [9], buscando aislar y realizar recuentos de cepas tanto de *Trichoderma* como de hongos fitopatógenos (Figura 2)

Pequeñas porciones de las muestras de material vegetal también fueron sembradas directamente sobre PDA para recuperar cepas de patógenos a partir de las lesiones que presentaban las plantas de arándano y sábila



Fuente: propia

Figura 2. Siembra en placa de Petri de las muestras de suelo colectadas en las fincas Mahindra y Betania

El número de aislamientos (colonias) de patógenos y biocontroladores fue evaluado luego de cinco días de incubación a 25 ± 2 °C, aunque para el recuento de algunas siembras se esperó hasta una semana. La mayor cantidad de colonias de *Trichoderma* se obtuvieron de muestras de suelo, mientras que las de los patógenos se obtuvieron a partir tanto de las muestras de suelo como de las lesiones del material vegetal.

Las colonias obtenidas se separaron por tipos o cepas de acuerdo a su origen y morfología, estas se purificaron haciendo una re-siembra en agar PDA y posteriormente se identificaron de acuerdo a sus características macro y microscópicas de crecimiento. La tinción de cada uno de los aislamientos se realizó con azul de lactofenol.

E. MIX DE PATÓGENOS Y DE ANTAGONISTAS

Teniendo en cuenta que el biocontrolador a base de *Trichoderma* se deseaba emplear en las dos fincas para el control de plaga de varios cultivos, se tomó la decisión de realizar un mix con las cepas de *Trichoderma* y de las cepas de *Fusarium* y de *Colletotrichum* para realizar las pruebas de antagonismo en laboratorio, con esto se esperaba que el producto tuviera un mayor rango de espectro sobre los dos principales patógenos de los cultivos. Para realizar los mix, se tomaron alícuotas de 5 mL de cada cepa con concentración de 10^6 esporas/mL y se mezclaron.

F. PRUEBAS DE ANTAGONISMO POR ENFRENTAMIENTO DUAL (CONTROL BIOLÓGICO *IN VITRO*)

Las pruebas de enfrentamiento se realizaron empleando la técnica de cultivo dual en cajas de Petri conteniendo 20 ml de Agar PDA.

Antes de iniciar las pruebas, se realizaron inóculos de todos los mix de hongos estandarizando la concentración de los mix en 10^6 esporas/mL buscando garantizar homogeneidad en los experimentos y se sembraron en medio PDA dejándolos crecer por una semana.

Para las pruebas se colocó en un extremo de la caja de Petri un cuadro de agar de 4 X 4 mm con micelio del patógeno (*Fusarium* o *Colletotrichum*) y en el extremo opuesto otro disco del mismo tamaño con micelio del antagonista (*Trichoderma*) a 5 cm aproximadamente entre ellos [10]. Se sembraron como controles, discos de agar con inóculo de cada uno de los tres hongos en el centro de una caja de Petri con PDA para verificar el crecimiento radial, independiente al efecto de las pruebas de antagonismo. Tanto los controles como los enfrentamientos entre el mix de *Trichoderma* y cada uno de los mix de patógenos se sembró por triplicado. Por último todas las cajas se incubaron a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ con 12 h continuas de luz, seguido de 12 h de oscuridad [11] y se realizaron mediciones diarias del crecimiento radial del micelio de las colonias durante 10 días.

El antagonismo de *Trichoderma* se comprobó teniendo en cuenta las variables sugeridas por Fernández y Suárez [11]: Radio de Crecimiento Antagonista (RCA), Radio de Crecimiento Patógeno (RCP), Micoparasitismo (MICMO) y Porcentaje de Inhibición del Crecimiento Radial (PICR), todas medidas en cm.

La competencia por nutrientes y espacio se valoró comparando la velocidad del crecimiento, para esto, se midieron los radios de crecimiento del patógeno (RCP)

y de los antagonistas (RCA) al mismo tiempo que se evaluó el porcentaje de inhibición de crecimiento radial (PICR), empleando la fórmula de Ezziyyani *et al.* [12] $\text{PICR} = ((R1 - R2)/R1) * 100$, donde R1 es el radio del patógeno testigo y R2 es el radio del patógeno en enfrentamiento.

El micoparasitismo (MICMO) como posible mecanismo de acción de *Trichoderma*, se evaluó observando macroscópicamente los cultivos duales, tomándose como índice de micoparasitismo, la invasión del antagonista sobre la superficie del micelio patógeno, teniéndose en cuenta la escala de la Tabla 1. El micoparasitismo se comprobó microscópicamente analizando si existían interacciones como penetración o enrollamiento entre las hifas del hongo antagonista con las del hongo patógeno.

Tabla 1.

Escala creada por Elías y Arcos (1984) para la evaluación de la capacidad antagónica de acuerdo a la medida de la invasión de la superficie, colonización y esporulación de *Trichoderma* sobre hongos fitopatógenos

Grado	Capacidad antagónica
0	Ninguna invasión de la superficie de la colonia del hongo patógeno.
1	Invasión de $\frac{1}{4}$ de la superficie de la colonia del hongo patógeno.
2	Invasión de $\frac{1}{2}$ de la superficie de la colonia hongo patógeno.
3	Invasión total de la superficie de la colonia del hongo patógeno.
4	Invasión total de la superficie de la colonia del hongo patógeno esporulación sobre ella.

Fuente: [11].

G. PREPARACIÓN DEL INÓCULO DE *TRICHODERMA*

Se tomaron cuadros de agar de 5 x 5 mm de las cajas en donde se observaba crecimiento del mix de *Trichoderma* y se sembraron en el centro de 5 cajas con PDA fresco para su propagación. Luego de una semana de incubación a 25°C , cuando las cajas mostraron un abundante crecimiento y alta esporulación, a cada caja se le adicionaron 5 mL de solución tween 80 al 0,5% para la remoción de esporas con ayuda de agujas de disección. Del total de las 5 cajas se recolectaron 20 mL de solución de esporas a la cual se le realizó recuento en cámara de Neubauer, obteniendo 10×10^6 esporas/mL.

Estos recuentos se realizaron haciendo diluciones seriadas en base 10 de la solución de esporas, hasta hacer posible su recuento en cámara. Los conteos se hicieron por triplicado, sumando el total de esporas presentes en los 25 cuadrantes centrales de la cámara de Neubauer [13].

Para la preparación del preinóculo, con la solución anterior, se inoculó caldo arroz al 3% (p/v), hasta completar 1L y este medio se incubó a 25°C , 100 rpm y

1/5 de aireación, de acuerdo al método dado por Chávez [14]. Luego de una semana se realizaron los recuentos en cámara de Neubauer obteniendo 12×10^9 esporas/mL la cual se consideró óptima como inóculo para adicionar a las bolsas con arroz como sustrato.

H. PROPAGACIÓN DE *TRICHODERMA* EMPLEANDO ARROZ COMO SUSTRATO

Para la propagación del mix de cepas de *Trichoderma* se emplearon bolsas de prolipropileno de alta densidad con medio arroz-agua destilada, las cuales se prepararon empleando 200 g de arroz por bolsa humedecidos con 140 mL de agua destilada. Estas bolsas se esterilizaron en la autoclave durante 7 min a 121°C [14,15]. Posteriormente las bolsas fueron inoculadas en cámara de flujo laminar con 100 mL de inóculo, el cual se homogenizó en el sustrato dando vueltas y masajeando el arroz hasta empaparlo con la solución de inóculo. Las bolsas inoculadas se incubaron a 25°C con 12 h de luz y 12 h de oscuridad por una semana, tiempo tras el cual se tomaron algunas de las bolsas con el hongo crecido al azar para hacer recuento de esporas/mL y revisar pureza de las mismas.

En la prueba de pureza se estableció la proporción de *Trichoderma* en la formulación con respecto a otros hongos contaminantes. Por lo que a partir de diluciones seriadas, se sembraron alícuotas de 0,1 mL en cajas con agar PDA. Estas se incubaron y diariamente, durante una semana se contaron las unidades formadoras de colonia (UFC) tanto de *Trichoderma* como de los microorganismos contaminantes, para a partir de estos datos obtener la pureza de acuerdo a la siguiente fórmula [16]: % Pureza = (# UFC *Trichoderma* / # UFC Totales) *100

I. REPLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN CAMPO Y COMUNICACIÓN DE LA MISMA A LOS PRODUCTORES

Para corroborar que estas bolsas con *Trichoderma* podrían ser empleadas en campo para la propagación, se realizaron dos pruebas: i) tomando aproximadamente 25 g de arroz con *Trichoderma* crecido y esporulado y mezclándolo con el contenido de bolsas con 200 g de arroz y 140 mL de agua destilada estériles para evaluar su crecimiento y esporulación en el sustrato. ii) se lavaron las bolsas con crecimiento de *Trichoderma*, empleando tween 80 al 0,5% (120 mL) y se tomó la solución de esporas resultante (aproximadamente 100 mL) para inocular las nuevas bolsas con sustrato.

Las dos metodologías arrojaron resultados de esporulación superiores a 10^6 esporas/mL y pureza

sobre 85% considerándose que las dos metodologías eran buenas para la propagación en las fincas, por lo que se realizó un taller teórico práctico para la socialización de las metodologías y la aplicación del bioinoculante en campo.

J. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la selección de los géneros de patógenos más frecuentes en los cultivos, se empleó estadística descriptiva comparando tanto las UFC/mL de cada género como la frecuencia de aparición de cada género en las muestras colectadas.

Para la evaluación de la pruebas de antagonismo *in vitro* realizadas entre *Trichoderma* y *Fusarium* y *Trichoderma* y *Colletotrichum*, respecto a los respectivos controles de cada hongo fitopatógeno en ausencia de *Trichoderma*, se realizó una prueba de hipótesis (T-student) con un nivel de confianza del 95%, lo que permitió estimar si existían diferencias entre las medias de los porcentajes de antagonismo de *Trichoderma* sobre cada hongo. Las hipótesis planteadas fueron: Ho: $\mu_A - \mu_B = 0$ y Hi: $\mu_A - \mu_B \neq 0$. Es decir, Ho: La media de los porcentajes de antagonismo presentado por el mix de *Fusarium* (o *Colletotrichum*) en ausencia de *Trichoderma* es igual a la media de los porcentajes de antagonismo en presencia de *Trichoderma*; y Hi: La media de los porcentajes de antagonismo presentado por el mix de *Fusarium* (o *Colletotrichum*) en ausencia de *Trichoderma* es diferente a la media de los porcentajes de antagonismo en presencia de *Trichoderma*.

Estos datos se realizaron, tabulando la información obtenida y empleando las fórmulas de la herramienta Excel®

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. SELECCIÓN DE LOS AISLAMIENTOS (CEPAS) DE TRICHODERMA

Se obtuvieron 7 tipos de cepas en total: 3 tipos de cepas provenientes del cultivo de sábila (2 a partir de suelo y 1 a partir de muestras de penca) y 4 cepas provenientes del cultivo de arándano (3 a partir de suelo y 1 a partir de muestras de las raíces). Inicialmente estas cepas fueron denominadas de la siguiente forma para su diferenciación: T= *Trichoderma*, A=Aloe (sábila), V=Vaccinun (arándano), S=suelo, P=penca y R=raíces, por lo que la cepa aislada de raíces de arándano se nombró TVR1 y así las demás.

Todas las cepas, de *Trichoderma* obtenidas coincidían con las descripciones hechas por Arango *et al.*, [17], quienes explican que las cepas deben presentar en caja una coloración verdosa con moteado banco en la parte superior y colocaciones entre verde y amarillo en el envés de la caja. Además, microscópicamente presentaron hifas hialinas tabicadas y de micelio ramificado, fílides en forma de botella, hialinas y conidios ovoides hialinos [18] que concuerdan con la descripción realizada para este género.

B. SELECCIÓN DE LOS AISLAMIENTOS (CEPAS) DE FITOPATÓGENOS

De acuerdo a la identificación se encontraron 4 géneros de hongos considerados como posibles fitopatógenos: *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Penicillium* y *Aspergillus*. Los dos más frecuentes, al estar presentes en todas las muestras y numerosos (recuentos sobre 10^3) en las muestras analizadas fueron *Fusarium* y *Colletotrichum*, por lo que se seleccionaron estos dos patógenos para las pruebas de antagonismo.

Se obtuvieron 9 cepas de *Fusarium* (2 a partir de raíces de sábila, 1 a partir de lesiones del tallo de arándano y 4 a partir de raíces de arándano, 2 a partir de suelo) y 4 cepas de *Colletotrichum* (1 a partir de raíces de sábila, 1 a partir de lesiones del tallo de arándano y 2 a partir de suelo) (Figura 3).



Fuente: propia

Figura 3. Hongos fitopatógenos causantes de pudrición vegetal encontrados en muestras vegetales y suelo. *Fusarium* sp. (Izq) y *Colletotrichum* sp. (Der), incubados a 25°C por una semana en PDA

Los resultados obtenidos en cuanto a frecuencia y cantidad de los hongos fitopatógenos *Fusarium* sp., y *Colletotrichum* sp., coinciden con lo reportado en la literatura al respecto, ya que especialmente *Fusarium* es considerado como uno de los patógenos más agresivos, ya que es un habitante natural del suelo que produce tres tipos de esporas (microconidias, macroconidias y clamidiosporas) lo que permite que sean capaces de crecer y sobrevivir por largos períodos en la materia orgánica del suelo y en la rizosfera de una amplia

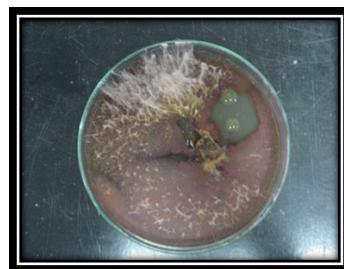
diversidad de plantas. Este microorganismo además se caracteriza por ubicarse y afectar el tejido xilemático de las plantas llevando a altos índices de mortalidad incluso del 90 y el 100% [7]. Lo anterior, se relaciona con lo encontrado en este estudio, pues el mayor número de cepas de *Fusarium* spp., se recuperaron de las raíces de arándano y sábila.

En cuanto a *Colletotrichum*, este género de hongos patógenos también se encuentran ampliamente distribuidos tanto en el suelo como en la parte aérea de varias especies de plantas en las cuales se observan como síntomas manchas circulares con un halo verde oscuro, por lo general [7].

A pesar que los estudios en cuanto a patógenos de estos dos cultivos son escasos, en los encontrados al respecto, tanto *Fusarium* como *Colletotrichum*, han sido reportados como patógenos de la sábila y el arándano [19, 20, 21], lo cual reafirma que estos patógenos son unos de los que más incidencia presentan en estos cultivos y por esta razón deben implementarse estrategias de Manejo Integrado para tratar y prevenir las enfermedades causadas por estos dos microorganismos.

B. PRUEBAS DE ANTAGONISMO POR ENFRENTAMIENTO DUAL (CONTROL BIOLÓGICO *IN VITRO*)

Debido a que las muestras provenían tanto de suelo como de material vegetal, en las cuales se presenta una alta concentración de diversos microorganismos, al inicio de las pruebas de antagonismo se presentaron problemas de contaminación (Figura 4), lo cual fue indicativo de que se requería realizar una nueva purificación de las cepas para que los resultados de las pruebas de antagonismo entre el mix de *Trichoderma* y los dos patógenos fueran verídicos, ya que como se observa en la Figura 4, algunos de los contaminantes bacterianos también mostraron efecto antagónico sobre los patógenos. Este efecto no se evaluó a profundidad ya que no era el núcleo de este estudio.

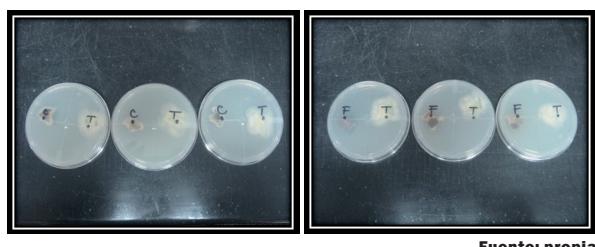


Fuente: propia

Figura 4. Efecto antagónico de bacterias obtenidas de muestras de suelo sobre *Fusarium* sp.

Una vez se purificaron e identificaron morfológicamente las cepas y como se indicó previamente, se realizaron mix de las cepas obtenidas por cada género (mix de *Trichoderma*, mix de *Fusarium* y mix de *Colletotrichum*), se realizaron las pruebas de antagonismo como se muestra en la Figura 5.

Transcurridos 10 días de incubación y realizadas las mediciones del crecimiento radial de los hongos patógenos estudiados, cuya siembra se realizó por triplicado se obtuvieron los promedios de crecimiento y su respectiva desviación estándar (d.s). Los resultados se muestran en la Tabla 2.



Fuente: propia

Figura 5. Pruebas de antagonismo realizadas de acuerdo a la metodología de Howell (2003) Mix de *Colletotrichum* vs mix de *Trichoderma* (Izq) y Mix de *Fusarium* vs mix de *Trichoderma* (Der). C: *Colletotrichum*, F: *Fusarium*, T: *Trichoderma*.

A partir de estos valores, se realizaron los cálculos para determinar el porcentaje de inhibición (% inhibición) de *Trichoderma* sobre cada uno de los fitopatógenos, encontrando que el mix de cepas de *Trichoderma* evaluado inhibió en un 72% el crecimiento del mix de cepas de *Fusarium* y un 59% el mix de *Colletotrichum*. Estos resultados se consideran buenos, puesto que para que un producto sea considerado como biocontrolador efectivo en campo, debe arrojar al menos 60% de inhibición en la técnica de enfrentamiento dual en laboratorio [6], lo cual se reafirma al encontrar que existieron diferencias significativas ($p<0,01$) entre los controles y los tratamientos para cada patógeno.

Tabla 2.
Crecimiento de *Colletotrichum* y *Fusarium* con y sin la influencia de *Trichoderma*

Enfrentamiento/Control	Promedio	d.s
Fusarium vs Trichoderma	2,7	0,2
Colletotrichum vs Trichoderma	3,3	0,5
Control Fusarium	9,7	0,2
Control Colletotrichum	8,1	0,4

Fuente: propia

Estos mismos resultados se emplearon para determinar la competencia por espacio y nutrientes ya que se

observó que la velocidad de crecimiento del mix de *Trichoderma* (12 cm) a lo largo de los 10 días de evaluación siempre fue superior a la de los patógenos, a pesar que se colocaron cuadros con micelio de los hongos en las mismas condiciones y tiempo de crecimiento, así como de concentración de esporas para la realización de las pruebas. Lo anterior, permite afirmar que el mix de *Trichoderma* fue más eficiente en la captación de nutrientes y su utilización para crecer en medio PDA y bajo las condiciones de este estudio en relación con los patógenos evaluados.

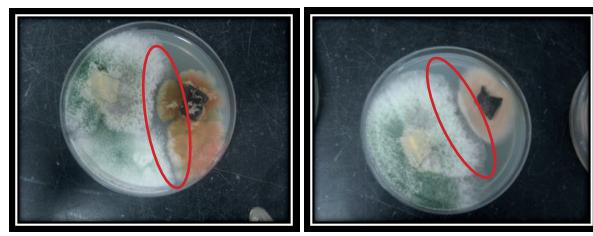
La alta incidencia de estos dos microorganismos, en los cultivos tanto de sábila como arándano es una situación recurrente y teniendo en cuenta que el manejo de las fincas se realiza de acuerdo a la filosofía de las Buenas Prácticas Agrícolas como cultivos orgánicos, se deben dar nuevas alternativas de control como es el uso de *Trichoderma* como biocontrolador, y especialmente si proviene del terreno en donde se aplicará.

En otros estudios se han evaluado diferentes concentraciones de *Trichoderma sp.* contra *Fusarium sp.*, obteniendo que concentraciones de 10^6 esporas/mL resultan efectivas a nivel de campo [22], por lo cual no sorprende que al realizar en este estudio pruebas con concentraciones del inóculo del mix de cepas de *Trichoderma* con esta misma concentración, las pruebas de antagonismos hayan sido exitosas.

En relación con los porcentajes de antagonismo obtenidos en este estudio, se considera que especialmente el presentado contra el mix de cepas de *Fusarium* (72%), fue superior al reportado en otros estudios como el de Bernal *et al.* [23] en el cual utilizaron especies de *Trichoderma sp.* como alternativa ecológica para el control de *F. oxysporum* Schlecht f. sp cubense, obteniendo antagonismo de parte de los aislamientos de alrededor del 70%.

Al evaluar el micoparasitismo (MICMO) como estrategia *Trichoderma* para realizar antagonismo sobre los patógenos evaluados, se encontró que para tanto contra *Fusarium* como contra *Colletotrichum*, el grado de MICMO fue de 1, ya que de acuerdo a los parámetros dados en la Tabla 1, las hifas de *Trichoderma* sólo mostraban una invasión de alrededor de $\frac{1}{4}$ de la superficie de las colonias de los hongos patógenos como se muestra en la Figura 6, a pesar que a nivel microscópico si se observó enrollamiento de las hifas de *Trichoderma* sobre las hifas de los dos fitopatógenos. Lo anterior, implica que probablemente,

el micoparasitismo no halla sido el principal mecanismos antagonico de *Trichoderma* sobre estos dos patógenos, puesto que este biocontrolador cuenta con diferentes modos de acción reportados que le permiten ejercer su efecto biorregulador. Estos atributos, de conjunto con la capacidad de multiplicarse abundantemente, se encuentran entre los de mayor importancia para su selección como agentes de control biológico (Fernández, 2001). Para el caso de *Trichoderma*, se han reportado como mecanismos de acción directa sobre el patógeno la competencia por espacio y nutrientes [6, 24, 25], el micoparasitismo [26,27,28] y la antibiosis [29,30]. De forma indirecta se mencionan su habilidad para colonizar la rizósfera de las plantas, la secreción de enzimas y la producción de compuestos inhibidores [31, 32] además, la inducción de mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos como es la activación en la planta de compuestos relacionados con la resistencia (Inducción de Resistencia), la detoxificación de toxinas excretadas por patógenos, la desactivación de enzimas de estos durante el proceso de infección y la solubilización de elementos nutritivos, que en su forma original no son accesibles para las plantas. Tienen la capacidad además, de crear un ambiente favorable al desarrollo radical lo que aumenta la tolerancia de la planta al estrés [33].



Fuente: propia

Figura 6. Micoparasitismo grado 1 por *Trichoderma* sobre *Fusarium* (Izq) y *Colletotrichum* (Der). El área del micoparasitismo se resalta en los óvalos de las imágenes.

Además la presente investigación complementa a muchas otra realizadas en Colombia durante los últimos años en otros cultivos, siendo el primero en el cual se emplea el mix de *Trichoderma* contra mix de *Fusarium* y mix de *Colletotrichum* para la protección de los cultivos de sábila y arándano, ya que en el país *Trichoderma* sp. se ha trabajado en la evaluación de la capacidad antagonica contra hongos fitopatógenos agentes causales de pudriciones radicales y marchitamientos como *Rhizoctonia solani*, *Sarocladium* sp. y *Sclerotinia* sp. en arroz, flores, papa, hortalizas, frutales y frijol, *F. oxysporum* en clavel, *Botrytis cinerea* en flores,

Ceratocystis fimbriata en cafeto, *Rosellinia bunodes* en cacao, *Phytophthora cactorum* en manzano, *Colletotrichum gloeosporioides* en tomate de árbol, siendo recomendado siempre el uso e incorporación de *Trichoderma* en los procesos de manejo integrado de enfermedades [8].

C. PROPAGACIÓN DE *TRICHODERMA* UTILIZANDO ARROZ COMO SUSTRATO

El uso de arroz como sustrato sólido para la propagación de *Trichoderma* fue exitoso (Figura 7), puesto que la esporulación obtenida en promedio fue de 30×10^{10} y el porcentaje de pureza fue del 91%. Esto implica que así como se ha visto en otros ensayos de propagación empleando este sustrato, la utilización de bolsas de polipropileno permite realizar una mezcla exitosa del arroz con el microorganismo, facilitando una mejor utilización del sustrato [14]. La mezcla de la biomasa con el sustrato es considerada uno de los puntos de control importantes ya que en comparación con la fermentación líquida en donde la biomasa microbiana, así como el sustrato, están distribuidos de manera homogénea en la fase líquida, durante la fermentación sólida se involucran interacciones heterogéneas de la biomasa microbiana con el sustrato sólido húmedo [34].



Fuente: propia

Figura 7. Crecimiento de *Trichoderma* empleando arroz como sustrato, durante una semana a 25°C con 12 h de oscuridad y 12 h de luz

D. REPLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN CAMPO Y COMUNICACIÓN DE LA MISMA A LOS PRODUCTORES

La metodología de propagación en campo en la que se tomaban 25 g de arroz con *Trichoderma* crecido y esporulado y se mezclaban con arroz estéril humedecido arrojó una concentración de 15×10^{11} esporas /g y una pureza de 85%.

En tanto, la metodología de propagación en la que se lavan las bolsas crecidas y la solución de esporas es empleada para inocular los sustratos de arroz estériles

mostró una concentración de 20×10^9 esporas/mL y una pureza de 90%.

Apesar de las diferencias entre ellas tanto en esporulación como en pureza, las dos metodologías se consideraron adecuadas para la propagación en las fincas debido a que arrojaron resultados de esporulación superiores a 10^9 esporas/mL y pureza sobre 85%, por lo que se realizó un taller teórico práctico para la socialización de las metodologías y la aplicación del bioinoculante en campo.

En cuanto al taller realizado con los productores, este se dividió en dos momentos. Primero se realizó una explicación de las dos metodologías, empleando una presentación de Power Point® con fotos del proceso y se resolvieron dudas al respecto de todos los asistentes. Posteriormente, se procedió a realizar las metodologías en vivo con ayuda de los productores para que ellos ejecutaran los procesos y finalmente, se explicó las formas en las que se podría aplicar el producto a base del mix de cepas de *Trichoderma*, puesto que de acuerdo a las preferencias y facilidades de los cultivadores y productores, este puede hacerse mezclando directamente el arroz crecido con el suelo que rodea la planta o se puede lavar el arroz, colocando 200 mL de agua limpia a la bolsa crecida y recuperando esta solución para diluirla en 800 mL de agua y asperjárla a los cultivos.

La evaluación del antagonismo de cepas de *Trichoderma spp.*, frente a mix de *Fusarium spp* y *Colletotrichum spp.*, obtenidos todos de muestras provenientes de cultivos orgánicos de sábila y arándano del municipio de Guasca-Cundinamarca, para su posterior propagación y uso por los productores de estos cultivos en sus fincas, permitió no sólo la implementación de tecnologías más económicas que lleven a productos más sanos y limpios garantizando la protección del medio ambiente y la disminución de la incidencia de las dos principales plagas asociadas a estos cultivos, sino también el intercambio de conocimientos y competitividad entre alumnos y productores, ya que como lo afirman Lozano *et al.*, [8] contar con productos de este tipo (inocuos para las personas, de bajo costo y calidad confiable), constituye una gran ventaja para los agricultores en general.

Esta experiencia fue relevante ya que bajo la situación actual el cambio de actitud de los productores de las cadenas agrarias productivas, así como la de los consumidores deben estar enfocadas a la generación

y adopción de tecnologías que permitan un manejo sostenible de los cultivos como base para el desarrollo de la agroindustria en Colombia, en la cual se mejorare la productividad y se dé un mayor valor agregado a cada uno de los productos por medio de producción más limpia, para lo cual es indispensable la investigación permanente y la inclusión de procesos y procedimientos tecnológicos en armonía con los recursos naturales y el medio ambiente, que permitan un desarrollo sostenible [35].

IV. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió obtener un producto a base de un mix de cepas de *Trichoderma* efectivas contra *Fusarium* y *Colletotrichum*, para ser aplicado en los cultivos de sábila y arándano, entre otros, como parte del manejo integrado de plagas, puesto que estos dos fitopatógenos fueron inhibidos en un 72 y 59 % respectivamente por el mix de *Trichoderma*.

De acuerdo a los resultados observados, se llegó a la conclusión de que el Micoparasitismo, no era el principal mecanismo por el cual *Trichoderma* ejercía su efecto antagónico sobre los dos patógenos evaluados, por lo que sería positivo realizar más estudios que permitieran verificar si dicho antagonismo se ejerce por la producción de antibióticos, enzimas líticas o sustancias volátiles para potenciar dicho mecanismos y aumentar la efectividad del producto.

La presente investigación complementa a muchas otras realizadas en Colombia durante los últimos años en otros cultivos, siendo el primero en el cual se emplea el mix de *Trichoderma* contra mix de *Fusarium* y mix de *Colletotrichum* para la protección de los cultivos de sábila y arándano.

Esta experiencia fue relevante ya que bajo la situación actual, el cambio de actitud de los productores de las cadenas agrarias productivas, así como la de los consumidores deben estar enfocadas a la generación y adopción de tecnologías que permitan un manejo sostenible de los cultivos como base para el desarrollo de la agroindustria en Colombia.

AGRADECIMIENTOS

Por sus aportes para la realización de este estudio a: Carlos Alberto Bejarano (Finca Mahindra) y a los estudiantes Marisol Córdoba, Jeifer Embús, Santiago

Alvarado, Juliana Mosquera, Estevan Morales, por su ayuda y participación en la recolección y procesamiento de las muestras de suelo y material vegetal.

REFERENCIAS

- [1]. C.Trujillo y J. Unda, Dime qué compras y te diré que eres. Perfiles de los consumidores, *Revista Semana sostenible*, 2015. Disponible en: <http://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/multimedia/consumo-responsable-colombia-primer-a-encuesta-nacional-dime-que-compras-dire-quien-eres/33535>
- [2]. Food and Agricultural Organization (FAO). 2004. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/y4137s/y4137s06.htm>
- [3]. C. Guedéz, C. Castillo, L. Cañizales y R. Olivari, Control biológico: Una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible, *Control biológico*, Vol. VII(13), pp.50-74, 2008.
- [4]. D. Infante, B. Martínez, N. González, y Y. Reyes, Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos patógenos, *Rev. Protección Veg.* Vol 24(1), 2009.
- [5]. B. Martínez, D. Infante y Y. Reyes, *Trichoderma spp.*, y su función en el control de plagas en los cultivos. *Rev. Protección Veg.* Vol 28(1), 2013.
- [6]. G. E. Harman, Overview of mechanisms and Uses of *Trichoderma spp.*, *Phytopatology*. Vol 96, pp. 190-194, 2005.
- [7]. Instituto geográfico Agustín Codazzi (AGAC),, Guía de muestreo. 2010. Disponible en: http://www2.igac.gov.co/igac_web/UserFiles/File/pdf_2010/Guia_de_muestreo_para_clientes.pdf
- [8]. M.D. Lozano, L.S. Rozo, N. Ruiz, L.F. Quiroga y L.A. Sandoval, *Manual del manejo preventivo de la secadura (Fusarium sp) en el cultivo de maracuyá*, Gobernación del Huila, Departamento administrativo de planeación, Consejo departamental de ciencias y tenología (Codecyt), Corporación colombiana de investigación agropecuaria CORPOICA, C.I. Nataima, Huila, 2008.
- [9]. J. Moya, S. García, E. Avilés, F. Andújar y P. Núñez, Aislamiento de cepas de *Trichoderma* de suelos, sustratos y raíces de plantas de invernadero en la República Dominicana, *Revista APF*. Vol 3(2), pp. 11-16, 2014.
- [10]. C. Howell, Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts, *Plant disease*. Vol 8(1), pp. 321-324, 2003.
- [11]. R.J. Fernández, C.L. Suárez, Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp *passiflorae* en maracuyá (*Passiflora edulis* Sims var. *Flavicarpa*) del municipio zona bananera Colombiana, *Rev.Fac. Nal.Agr.Medellín*, Vol 62(1), pp. 4743-4748, 2009.
- [12]. M. Ezziyani, C. Pérez, A. Ahmed, M. Requena y M., Candela, *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de Phytophtora capsici en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L), *Anales de biología*, Vol 6, pp. 35-45, 2004.
- [13]. A. Monzon, Producción, uso de hongos entomopatógenos, Control de calidad, Capacitación Productos Fitosanitarios no sintéticos, Proyecto NOQ-CATIE/GTZ, 2001.
- [14]. M.P. Chávez, Producción de *Trichoderma* sp., y evaluación de su efecto en cultivo de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*), *Tesis de microbiología industrial y microbiología agrícola y veterinaria*, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia 113 p, 2006.
- [15]. N. Sivila, y S. Álvarez, *Producción artesanal de Trichoderma, Tecnología agroecológicas para la agricultura familiar*, Jujuy, Argentina, 50 p. 2013.
- [16]. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Resolución N. 00375, Disposiciones sobre registro y control de los bioinsumos y extractos vegetales de uso agrícola en Colombia, Colombia, 2004.
- [17]. M. Arango, N. Ordoñez E. Castañeda, y A. Restrepo, *Manual hongos contaminantes del laboratorio*, Instituto Nacional de Salud, Corporación Para investigaciones Biológicas, 127 p. 1988.
- [18]. H. Barnet, y B. Hunter, *Ilustrated gerera of imperfect fungi*, Third edition, Burgess publishing company, 241 p. 1972.
- [19]. S.M. Ayodele, y E.M. Ilondu, Fungi associated with base rot disease of aloe vera (*Aloe barbadensis*), *African Journal of biotechnology*, Vol 7(24), pp. 4471-4474, 2008.
- [20]. E. Wright, B. Pérez, R. Fernández, K. Asciutto, M. Rivera, F. Murillo, P. Vásquez, M. Divo de Sesar, A. Pérez, L. Aguilar-Heredia, M. Rosato, A. Creiler, y J. Baldoma, *Conocimiento actual sobre enfermedades de arándano*. Cátedra de

- Fitopatología. Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina. 2008. Disponible en: <http://www.agro.uba.ar/noticias/files/u1/wright.pdf>
- [21]. A.R. Vélez, *Malezas, plagas y enfermedades del cultivo de sábila y su control*, 1997. Disponible en: http://datoteca.unad.edu.co/contenidos/303022/Modulo_del_curso_en_exe/leccin_17_malezas_plagas_y_enfermedades_del_cultivo_de_sbila_y_su_control.html
- [22]. J.C. González-Cárdenas, J.M. Maruri-García, y A. González-Acosta, Evaluación de diferentes concentraciones de *Trichoderma spp.* Contra *Fusarium oxysporum* agente causar de la pudrición de plántulas en papaya (*Carica papaya* L) en Tuxpan, Veracruz, México, *Revista UDO Agrícola*, Vol 5(1), pp. 45-47, 2005.
- [23]. A. Bernal, C.M. Andréu, M.M. Moya, M. González, y O. Fernández, Utilización de *Trichoderma spp* como alternativa ecológica para el control de *Fusarium oxysporum* Schlecht f.sp cubense (e.f. Smith) *Snyd & Hans*, 2000.
- [24]. N. Pérez, Manejo Ecológico de plagas. *CEDAR*: La Habana. Cuba, 296 p. 2004.
- [25]. L. Hjeljord, y A. Tronsmo, *Trichoderma and Gliocladium in biological control: an overview*. In: *Trichoderma & Gliocladium: Enzymes, biological control and commercial applications*, Harman GE, Kubice CP. (Eds), Volumen 2, p.131-151, 1998.
- [26]. M. Lorito, G. Harman, A. Prieto, y C. Hayes, Extracellular chitinolytic enzymes produced by *T. harzianum*, purification, characterization and molecular cloning, *Phytopathol*, Vol 82(10), pp. 10-77, 1990.
- [27]. P. Melgarejo, y E. Sagasta, Influence of *Penicillium frequentans* and two of its antibiotics on production of stromata by *Monilinia laxa* in culture, *Can. J. Bot*, Vol 67, pp. 83-87, 1989.
- [28]. C.J. Ulloa, Enzimas micolíticas produzidas pelo agente de biocontrol Trichoderma harzianum, En: *Actas del V de Simposio de controle biológico, Anais: Conferencias y Palestras*, Foz de Iguaçu-Paraná-Brasil, pp. 234-238, 1996.
- [29]. D. Rivero, Identificación y control *in vitro* con quitosana y *Trichoderma spp.* de hongos que causan el manchado del grano en arroz (*Oryza sativa* L.), *Rev Protección Veg*, Vol 23(1), pp. 67, 2008.
- [30]. R. Campbell, *Biological control of microbial plant pathogens*. Cambridge University Press. Cambridge, 218 p. 1989.
- [31]. S. Haram, H. Schickler, A. Oppenheim, e I. Chet, Differential expression of *Trichoderma harzianum* chitinases during mycoparasitism, *Phytopathol*, Vol 86, pp. 980-985, 1996.
- [32]. G. Zimand, Y. Elad, e I. Chet, Effect of *Trichoderma harzianum* on *Botrytis cinerea* phagogenicity, *Phytopathol*, Vol 86, pp. 125-126, 1996.
- [33]. G. Harman, *Trichoderma harzianum, T. viridis, T. koningii, T. hamatum (Deuteromycetes: Moniliales)*. 2003. Disponible en: <http://www.ibun.unal.edu.co/r2r7e.html>.
- [34]. Y. Padmasari, Fungal mats in solid – state fermentation, *PhD Thesis*, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2005.
- [35]. R. Araya, M.A. Figueroa, S.C. Pino, A. Gadea, C. Ramírez, y H. González, Efectividad de varios biocontroladores en el control de plagas en la zona norte de Costa Rica, *Tecnología en marcha*, Vol 16(1), pp. 92-100, 2003.

AUTORES

Luisa García es Bióloga y Microbióloga industrial con Maestría en Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente se desempeña como investigadora y asesora en temas ambientales con diversas industrias. (E-mail: bonssai23@hotmail.com)

Citar este artículo como:

García, L.A. Evaluación del antagonismo de cepas de *Trichoderma spp.* frente a cepas de *Fusarium spp.* y *Colletotrichum spp.* aisladas de cultivos orgánicos de sábila (*Aloe vera*) y arándano (*Vaccinium corymbosum*). *Revista TECKNE* 13(1): 56-66, 2015.



www.unihorizonte.edu.co



/fundacionunihorizonte



@UniHorizonte

**018000 187 197 - PBX: 743 7270 - ☎ 321 920 8288
Calle 69 No. 14-30 Bogotá - Colombia**



Management
System
ISO 9001:2008
www.tuv.com
ID: 9105081610

Institución Universitaria sujeta a inspección y vigilancia por el M.E.N. (Art. 39, Decreto 1295 de 2010).