

Educational Innovation in a Chemistry Course for Engineering: A Comparative Study between Traditional Learning and Active Learning.

Jenny María Venegas Gallo, Magister en Docencia e Investigación Educativa¹, Joel Eduardo Vielma-Puente, Doctor en Química Aplicada¹, Luis Antonio Vaca Salazar, Magister en Gestión Integral de Laboratorios de Química¹, Andrea Cristina García Angulo, Doctor of Business Economics: Operations Research and Statistics².

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales, Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador, jvenegas@espol.edu.ec, jvielma@espol.edu.ec; luianvac@espol.edu.ec

²Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador, acgarcia@espol.edu.ec

Abstract— This study compares the academic performance of first-semester university students in a General Chemistry course under a traditional teaching method and an active learning approach that integrates flipped learning, problem-based learning, and peer learning. The results reveal significantly higher average academic performances in the active methodology than in the traditional one. The findings support the effectiveness of a combined approach, addressing the limitations of traditional teaching and fostering an active learning experience.

Keywords—active learning, flipped learning, problem-based learning, peer learning, traditional learning.

Innovación Educativa en un Curso de Química para Ingenierías: Un estudio comparativo entre el Aprendizaje Tradicional y el Aprendizaje Activo.

Jenny María Venegas Gallo, Magister en Docencia e Investigación Educativa¹, Joel Eduardo Vielma-Puente, Doctor en Química Aplicada¹, Luis Antonio Vaca Salazar, Magister en Gestión Integral de Laboratorios de Química¹, Andrea Cristina García Angulo, Doctor of Business Economics: Operations Research and Statistics².

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales, Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador, jvenegas@espol.edu.ec, jvielma@espol.edu.ec; luianvac@espol.edu.ec

²Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador, acgarcia@espol.edu.ec

Resumen: Este estudio compara el rendimiento académico de estudiantes universitarios de primer semestre en un curso de Química General bajo el método de enseñanza tradicional y un enfoque de aprendizaje activo que integra el aprendizaje invertido, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje entre pares. Los resultados revelan un rendimiento académico promedio significativamente superior en la metodología activa en comparación con la tradicional. Los hallazgos respaldan la efectividad de un enfoque combinado, abordando las limitaciones de la enseñanza tradicional y fomentando una experiencia de aprendizaje activa.

Palabras clave: aprendizaje activo, aprendizaje invertido, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje entre pares, aprendizaje tradicional.

I. INTRODUCCIÓN

Históricamente los estudiantes universitarios han percibido los cursos de química como difíciles y complejos, debido a diferentes aspectos, como la naturaleza abstracta de la química, el lenguaje utilizado, que involucra símbolos, nomenclatura, fórmulas, ecuaciones y que presenta reglas y formalismos propios, las habilidades matemáticas necesarias para su aplicación, [1] así como las competencias docentes en el área [2].

Estudios realizados han demostrado que el rendimiento académico en las asignaturas de ciencias y específicamente en química es bajo [3], hecho que se ha atribuido a factores como: la dinámica del aula o hábitos de estudios deficientes [4], el uso de preguntas de alto nivel cognitivo en exámenes parciales o finales, la baja aptitud matemática [5], el uso de la metodología de enseñanza tradicional u otros métodos de enseñanza [6], entre otros.

La enseñanza tradicional es un modelo pedagógico basado en la transmisión del conocimiento por parte del profesor, a través de clases expositivas, que presenta una fuerte influencia en el conductismo y busca como resultado que el estudiante reproduzca el conocimiento adquirido que generalmente es medido a través de un examen [7]. Es el método más utilizado en la historia y tiene una serie de ventajas reconocidas como la

interacción directa profesor-estudiante que puede generar empatía, fomenta la disciplina y la responsabilidad, favorece los procesos de memoria, sin embargo, cada día entra más en desuso debido a que presenta desventajas importantes como la poca participación del estudiante, el aprendizaje repetitivo y mecánico que no estimula la creatividad, la curiosidad y la iniciativa de los estudiantes, además, no favorece la colaboración y el trabajo en equipo, entre otras [8].

Estos hechos han generado desafíos para todos los involucrados en los procesos de enseñanza, lo que ha motivado una gran cantidad de estudios, principalmente propuestas de nuevas estrategias metodológicas como base fundamental para lograr un aprendizaje significativo.

Dentro de las propuestas metodológicas realizadas centradas en el estudiante se encuentran: Aprendizaje Basado en Proyectos (*Project-Based Learning*), Aprendizaje Basado en Problemas (*Problem-Based Learning*), Estudios de Casos (*Case-Teaching*), Aprendizaje Cooperativo y entre Pares (*Peer Learning*), Aprendizaje Invertido (*Flipped Learning*), entre otros; todos estos fundamentados en el constructivismo, en donde el estudiante se encuentra en centro del proceso enseñanza-aprendizaje con una participación activa, asumiendo un rol autónomo y de autorregulación, que conoce sus propios procesos cognitivos hasta incluso llegar a tener el control de su aprendizaje [7].

El Aprendizaje Basado el Problemas (ABP), es una metodología de aprendizaje fundamentada en la resolución de problemas de la vida real de manera colaborativa, para ello, se forman grupos pequeños de estudiantes que trabajan en la búsqueda de soluciones del problema y el profesor sirve de guía o facilitador del proceso [9]. La implementación de esta metodología en curso de química ha demostrado tener efectos positivos en el rendimiento académico y en las habilidades de pensamiento, además que mejora la motivación de los estudiantes [10]. El Aprendizaje Basado en Proyectos, presenta muchas similitudes con el Aprendizaje Basado en Problemas, principalmente en el rol del estudiante, su participación activa y trabajo colaborativo, pero en lugar de trabajar en problemas

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

pequeños, se centra en la resolución de un proyecto o tarea extensa, que generalmente se desarrolla durante todo un periodo académico, además, dicho producto debe estar contextualizado a la asignatura y se espera que sea tangible o que refleje la aplicación de los conocimientos de todo el curso [11]. Esta metodología ha sido aplicada en cursos de química demostrando que los estudiantes tienen una buena percepción de la metodología [11], mejora la satisfacción del estudiante [12], promueve la participación activa [13], además, genera una mejora del carácter para emprender, lo cual incluye: persistencia, disciplina y creatividad [14].

Una de las propuestas metodológicas más aplicadas en los últimos años es el aprendizaje invertido, este consiste en exponer a los estudiantes previo a la clase de material didáctico, generalmente, lecturas, vídeos, audios o infografías, para su introducción al tema, de forma que los estudiantes alcancen habilidades de pensamiento bajas según la taxonomía de Bloom (recordar, comprender) y aprovechar el tiempo de la clase para profundizar en el tema y lograr habilidades superiores como analizar, evaluar o crear [15]. Esta metodología ha sido aplicada extensamente y ha determinado la mejora en el rendimiento académico de los estudiantes y una mejor actitud y disposición para el aprendizaje [16].

En el presente trabajo se realizó un estudio comparativo del rendimiento académico en un curso de Química General de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, con ciertas similitudes al reportado previamente [17]; analizando los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas durante un periodo académico, entre un curso llevado a cabo mediante una metodología de Aprendizaje Tradicional (AT) contra un curso aplicando una metodología de Aprendizaje Activo (AA), que involucra la combinación de aprendizaje invertido, el aprendizaje basado en problemas y el trabajo colaborativo.

II. MÉTODOS

A. Descripción del Curso

El curso de Química General es un curso teórico-práctico dirigido a la formación básica de profesionales en las áreas de Ingeniería y Ciencias Naturales, dictado en el primer semestre de todas las carreras, en este curso se proporciona una base científica sobre la materia y sus interacciones, y se busca desarrollar en los estudiantes la capacidad de resolver problemas relacionados al contenido de la asignatura. Dentro del curso se estudian los siguientes capítulos: 1) Introducción a la Termoquímica, 2) Fuerzas intermoleculares, líquidos, y sólidos, 3) Propiedades de las disoluciones, 4) Cinética Química, 5) Equilibrio químico y equilibrios de solubilidad y 6) Equilibrio ácido base. Las temáticas del curso se dictan en dos periodos conocidos como “parciales”, cada uno consta de siete semanas de clases, al finalizar cada parcial se realiza un examen, durante las 14 semanas de docencia se dictan 48 horas de clases de aprendizaje en contacto con el docente. Además, el

curso brinda actividades prácticas experimentales relacionadas con los temas de la materia, estas actividades presentan 14 horas de trabajo. Todos los cursos son gestionados por medio de un Entorno Virtual de Aprendizaje o LMS por sus siglas en inglés denominado “Aula Virtual”, en donde se cargan las actividades a realizar antes de la clase, durante la clase y después de la clase, además, se disponen de las lecturas y vídeos, las evaluaciones, también permite la comunicación entre el docente y los estudiantes y, además, dar la retroalimentación de cada evaluación.

B. Descripción de la metodología Aprendizaje Tradicional

La metodología tradicional se lleva a cabo a través de clases magistrales dirigidas por el profesor en la que explica desde los conceptos básicos hasta ejercicios complejos, durante la clase se realizan talleres de resolución de ejercicios grupales, para estos, los estudiantes son asignados por el docente o elegidos entre ellos mismos, adicionalmente, después de la clase se envían tareas, al finalizar cada tema se realiza una evaluación sumativa denominada “Prueba de Salida” y finalmente al culminar cada parcial se realiza un examen en donde se evalúan tres capítulos de la materia.

C. Descripción de la metodología Aprendizaje Activo

La propuesta innovadora de este trabajo fundamentada en la metodología Aprendizaje Activo involucra actividades grupales e individuales a realizar en los tres espacios del método aprendizaje invertido (antes, durante y después de la clase).

Involucra diferentes metodologías de aprendizaje, además de la estructura de la metodología aprendizaje invertido, presenta muchos espacios de trabajo grupal y colaborativo similar a la metodología Aprendizaje entre Pares y la metodología Aprendizaje Basado en Problemas. Además, del aprendizaje práctico experimental que se lleva en paralelo mediante las actividades prácticas.

Los grupos de trabajo los genera el docente y se basa en diferentes aspectos para su formación, algunos de ellos son: i) todos los grupos deben incluir al menos una mujer, ii) todos los grupos deben tener un estudiante con un alto rendimiento académico obtenido de la prueba de aptitud académica realizada para el ingreso a la universidad y iii) en lo posible se unen estudiantes que cursen diferentes carreras ofrecidas en la universidad, con la finalidad de tener grupos homogéneos. Estos grupos de trabajo se mantienen durante todo el periodo académico.

Además, en todos los capítulos los estudiantes siguen el mismo proceso, este inicia con la revisión de vídeos, lecturas y ejercicios de ejemplo, luego presentan una evaluación diagnóstica denominada “Control de Lectura/vídeo”, siguiente con los talleres formativos y sumativos, posteriormente los tutoriales y al final deben entregar una tarea, la resolución del problema propuesto del ABP y la evaluación final sumativa del

capítulo denominada “Prueba de salida” siguiendo el esquema que se aprecia en la Fig. 1.

1) *Lecturas/Videos*: Es una actividad realizada de manera individual previa a la clase (siguiendo la metodología aprendizaje invertido), se entrega a los estudiantes a través del “Aula Virtual” una guía de estudio con las recomendaciones de lectura encontradas en el libro guía, videos sobre el tema y ejemplos de ejercicios resueltos, los estudiantes deben revisar el material y se les sugiere realizar anotaciones relevantes del mismo, las lecturas son breves y no exceden los 30 minutos y están propuestas para que se alcancen habilidades de pensamiento de los niveles más bajos de la taxonomía Bloom como lo son el reconocimiento y la comprensión.

2) *Control de Lectura/video*: Posterior a la revisión de la lectura y/o video, a través de la plataforma “Aula Virtual” se realiza una evaluación para diagnosticar si se ha comprendido el tema a tratar, esta actividad se realiza antes de la clase y se ejecuta de manera individual. Los estudiantes tienen máximo 15 minutos para realizar el control de lectura/video. Las preguntas planteadas en el control son nivel básico y pueden ser del tipo, verdadero o falso o de opción múltiple, en estas se presentan 5 opciones y solo existe una respuesta correcta. Una vez culminado el control de lectura/video el Aula Virtual emite un informe de los resultados obtenidos en cada pregunta.

3) *Retroalimentación/Mini clase*: En el espacio grupal, durante la clase, el docente inicia la clase con la retroalimentación del control de lectura/video, esta retroalimentación se realiza con base en el informe emitido por el “Aula Virtual”, resultados que deben ser revisados por el docente previo a la clase y en función de las respuestas que presentan dificultad se prepara la retroalimentación de la evaluación diagnóstica, además, en este espacio, el docente puede ampliar y ejemplificar los conceptos tratados. La intervención del docente debe ser corta, entre 15 o 20 minutos máximo, además, esta intervención es dinámica y el docente utiliza la técnica de la pregunta para que los estudiantes participen.

4) *Taller Formativo o sumativo*: Durante la clase y posterior a la mini clase expuesta por el docente se aplican talleres formativos o sumativos (calificados o no calificados), estos talleres los realizan los estudiantes de manera grupal y comprenden entre 2 y 3 ejercicios de aplicación de la teoría, los niveles de las habilidades de pensamiento involucrados en los talleres son los de aplicar y analizar, niveles medio y alto dentro de la taxonomía de Bloom. Durante el taller el profesor sirve de guía y da acompañamiento a los estudiantes. La actividad tiene una duración que oscila entre 30 y 45 minutos dependiendo del grado de dificultad de los ejercicios. Como parte final de esta actividad, los grupos exponen en una plenaria abierta durante la clase, la resolución de los ejercicios planteados, en este

momento el profesor interviene para retroalimentar la actividad y generar conclusiones del taller.

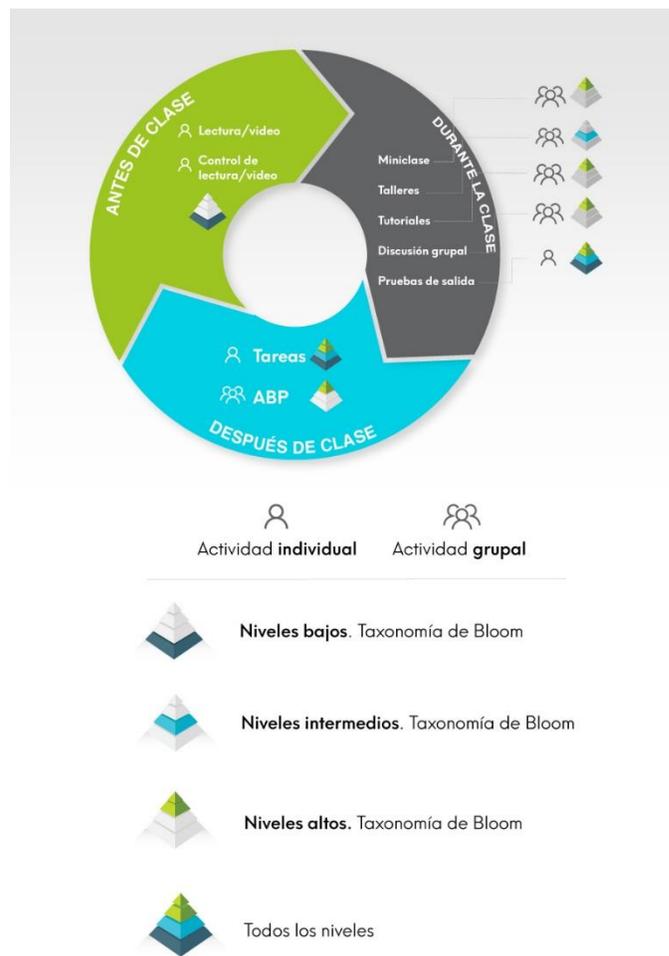


Fig. 1 Esquema de la metodología Aprendizaje Activo

5) *Tareas*: Es una actividad que tiene dos partes, la primera se realiza fuera del aula de clase y de manera individual, consiste en la resolución de 10 ejercicios del tema, los ejercicios son planteados por el docente y entregados al inicio del capítulo por medio de la plataforma “Aula Virtual”. Los ejercicios tienen diferentes niveles de pensamiento, desde el nivel más bajo (reproductivo) hasta niveles superiores de la taxonomía de Bloom (aplicar y analizar) y el tiempo aproximado para la resolución de todos los ejercicios es de 2 horas, sin embargo, los estudiantes tienen aproximadamente dos semanas para entregarlos.

La segunda parte de la actividad se realiza dentro del aula de clase, con los grupos de trabajo formados y consiste en la discusión entre los miembros del grupo junto con el docente de los ejercicios planteados. Esta parte tiene una duración de 1

hora y contribuye a la capacidad para comunicarse de manera oral con diferentes audiencias en los estudiantes.

6) *Tutorial*: Es similar a los talleres formativos o sumativos ya que es una actividad grupal realizada en clase, pero difiere en ciertas características, una de ellas es que el docente no interviene como guía, lo que promueve el trabajo colaborativo entre los estudiantes de cada grupo, además, se realizan uno o dos ejercicios con un nivel superior de habilidad de pensamiento de la taxonomía de Bloom (crear), la actividad dura 45 minutos y una vez que culmina se realiza una discusión de los ejercicios, en este espacio de discusión el docente retroalimenta la actividad y genera junto a los estudiantes las conclusiones del tema.

7) *Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)*: Es una actividad grupal realizada fuera del aula, consiste en la resolución de un problema de aplicación de la vida real, se envía al igual que la tarea al inicio de cada capítulo a través del “Aula Virtual” y para su resolución los estudiantes deben reunirse, investigar sobre el tema, discutir de manera colaborativa el problema y a través de lluvias de ideas consensuar una estrategia para la resolución del problema. Tienen aproximadamente dos semanas para la entrega y posterior a la entrega en la clase final del tema se realiza una discusión guiada por el docente, analizando las diferentes perspectivas propuestas por los estudiantes y añadiendo posibles variables para generar un análisis crítico del problema.

8) *Prueba de Salida*: Es una evaluación sumativa que se realiza al final de cada tema de manera individual, presenta preguntas de diferentes niveles de habilidad de pensamiento, incluye preguntas teóricas que requieren de análisis y preguntas con ejercicios prácticos que requieren de la aplicación de los conceptos.

9) *Exámenes Parciales*: Es una evaluación sumativa que incluye 3 temas de la materia, se realiza el mismo día y en el mismo horario a todos los cursos paralelos de la materia de química y tiene un peso ponderado del 30% de la calificación total. Es un examen que presenta preguntas con niveles intermedios y altos de habilidad de pensamiento según la taxonomía de Bloom y en estas evaluaciones se miden los resultados de aprendizaje del curso.

D. *Recolección de los datos*

Durante la intervención se realizaron 6 pruebas de salida y 2 exámenes, estas evaluaciones fueron realizadas de manera presencial y todas fueron revisadas de manera manual utilizando rúbricas de desempeño para realizar una evaluación objetiva, los resultados de cada estudiante se recopilaron y se archivaron para su posterior análisis.

E. *Diseño Experimental y Participantes*

Se utiliza un diseño completamente aleatorio donde participaron 64 estudiantes del primer semestre de las diferentes carreras que cursan la materia de Química General en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) durante el segundo periodo académico del año 2022 (octubre 2022-enero 2023); los 64 estudiantes están separados en dos grupos, cada uno de 32 estudiantes asignados aleatoriamente por la Secretaría Técnica Académica de la universidad, en cada grupo se utilizó una metodología de enseñanza diferente, uno recibió la metodología Aprendizaje Tradicional (AT) y otro la metodología Aprendizaje Activo (AA).

El profesor y todos los instrumentos de evaluación analizados fueron los mismos para ambos grupos. Previo a la implementación de las metodologías durante la primera clase del periodo académico, se explicó a los estudiantes la metodología a que se iban a exponer y el papel que deben ejercer durante el curso.

F. *Análisis Estadístico*

La comparación de las dos metodologías se realizó estudiando 9 variables dependientes: 6 pruebas de salida, 2 exámenes y la calificación final del curso obtenida. Un resumen gráfico de los datos se presenta mediante diagramas de caja Fig. 2.

Se realizó un análisis univariante de cada variable dependiente a través del Análisis de Varianza (ANOVA). Cuando las suposiciones no se cumplieron, se compararon las medianas de los grupos mediante una prueba de Kruskal-Wallis. Para todas las pruebas, se informan los valores de p y el nivel de significancia se establece en 5%.

Se utilizó un Análisis de Varianza Multivariante (MANOVA) para comparar ambos grupos en términos de todas las variables dependientes simultáneamente. Se verificaron todas las suposiciones del modelo y cuando la normalidad marginal de una de las variables dependientes no se cumplió, se utilizó una transformación.

Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software R versión 4.1.1.

III. RESULTADOS

A. *Características de los participantes:*

De los 64 estudiantes participantes en este estudio, el promedio obtenido de la prueba de aptitud para el ingreso a la ESPOL fue $7,64 \pm 1.19$ para el curso AA y $7,38 \pm 1.26$ para el curso AT, el porcentaje de participantes masculinos y femeninos es 65.6% y 34.4% respectivamente para el paralelo AA y 50% y 50% respectivamente para el paralelo AT.

B. Rendimiento Académico

1) *Análisis Univariante (ANOVA)*: Se realizó un análisis univariante de cada variable dependiente (Pruebas de Salidas (PS) de los 6 temas de la materia, los dos Exámenes Parciales (EP) y para la Calificación Final del curso (CF)) a través del Análisis de Varianza (ANOVA), tanto para el paralelo formado mediante el Aprendizaje Tradicional (AT) como para el paralelo formado con la metodología Aprendizaje Activo (AA).

Los resultados se aprecian en la tabla 1 y se puede apreciar los promedios de cada evaluación con su respectiva desviación estándar (SD) y el valor p del ANOVA o Kruskal Wallis dependiendo del supuesto. En la tabla 1 podemos apreciar que todos los promedios obtenidos para el rendimiento académico en AA son mayores que en AT. Para la PS 1 y la PS 4: Un análisis no paramétrico sugiere que hay evidencia estadística suficiente para afirmar que el promedio del rendimiento académico es más alto en AA. Para la PS 2 y la PS 3: Un análisis de varianza confirma que hay evidencia suficiente para afirmar que el rendimiento académico es mayor en AA. No se encontró evidencia suficiente de diferencia de rendimiento académico entre AA y AT para la PS 5. Para el EP 1: Un análisis de varianza confirma que existe evidencia suficiente para afirmar que los promedios del examen del primer parcial son más altos en AA. Para el EP 2: Un análisis no paramétrico sugiere que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los promedios del examen del segundo parcial son más altos en AA y finalmente para la Calificación Final del curso: el promedio y la mediana de la muestra del paralelo AA es más alto que el paralelo AT, sin embargo, existe una alta variabilidad en las notas finales, por lo que no se espera que la diferencia sea significativa; un análisis de varianza confirma que no hay evidencia suficiente para afirmar que los promedios de notas finales sean realmente distintos.

TABLA I
RENDIMIENTO ACADÉMICO PROMEDIO DE LAS PRUEBAS DE SALIDA (PS) DE CADA TEMA, DE LOS EXÁMENES PARCIALES (EP) Y DE LA CALIFICACIÓN FINAL DEL CURSO (CF).

Evaluación	Metodología AA	Metodología AT	Valor p ANOVA
	Promedio \pm SD	Promedio \pm SD	
PS 1	11.14062 \pm 4.552976	8.62500 \pm 2.816999	0.012
PS 2	10.79452 \pm 4.539371	6.74129 \pm 4.142335	< 0.001
PS 3	15.467742 \pm 4.802665	9.703125 \pm 5.369957	< 0.001
PS 4	13.431250 \pm 4.829935	8.796563 \pm 4.490815	< 0.001
PS 5	11.60161 \pm 3.848747	10.17688 \pm 4.393785	0.177
PS 6	15.74258 \pm 4.536063	13.61562 \pm 5.496265	0.103
EP 1	17.70533 \pm 4.817971	11.58156 \pm 5.602069	< 0.001
EP 2	17.78719 \pm 6.897845	15.38594 \pm 6.077751	0.070

CF	7.640625 \pm 1.192952	7.384375 \pm 1.262131	0.407
----	-------------------------	-------------------------	-------

AA = Aprendizaje Activo; AT = Aprendizaje Tradicional; PS = Prueba de Salida; EP = Examen Parcial; CF = Calificación Final del curso.

2) *Análisis Multivariante (MANOVA)*: Dado que el rendimiento académico de las diferentes pruebas tiene una correlación se realizó un análisis para todas las pruebas a la vez, los resultados se aprecian en la Fig. 2. El análisis multivariante de varianza (MANOVA) confirma que existe diferencia de las notas en AA comparado con AT (valor $p < 0.001$).

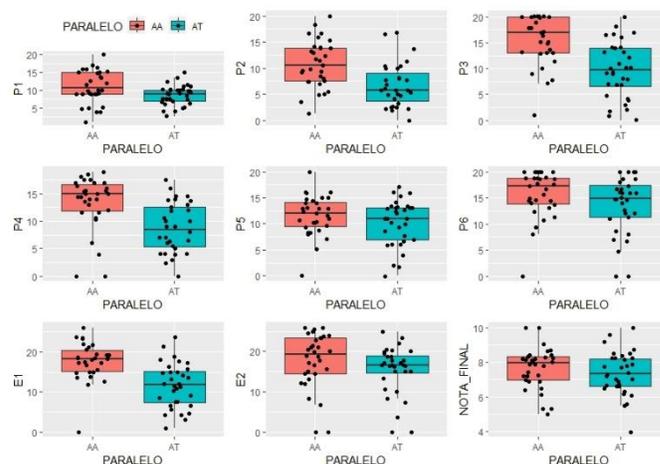


Figura 2. Análisis Multivariante (MANOVA)

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El diseño experimental para los estudiantes en los dos cursos estudiados AA y AT fue aleatorizado, obteniéndose grupos homogéneos, evitándose que factores no estudiados influyan en los resultados.

Los resultados obtenidos a partir del análisis univariante (ANOVA) muestran que el promedio obtenido para el rendimiento académico en AA es mayor que en AT y demuestra que para la mayoría de las evaluaciones hay diferencia significativa entre las medias indicando que efectivamente el AA tiene una influencia positiva sobre el rendimiento académico de los estudiantes, lo cual concuerda con los resultados reportados en la literatura [18]. Estos resultados reflejan que una metodología combinada como la diseñada y aplicada en este estudio es efectiva. Estos resultados se pueden atribuir a diferentes factores, uno de ellos es el uso de la metodología Aprendizaje Invertido que permite utilizar la clase, para realizar ejercicios y discusiones de manera colaborativa lo cual promueve la reflexión y el análisis crítico de los problemas [19]; otro es la aplicación de la metodología Aprendizaje Basado en Problemas, que fomenta el trabajo colaborativo y el aprendizaje significativo a través del análisis de problemas de la vida cotidiana, esto hace que los estudiantes se involucren en su aprendizaje y lo tomen como un aprendizaje necesario para

la vida y no un conocimiento para aprobar una evaluación o un curso, además, los estudiantes manifestaron que los casos estudiados se les han presentado en otras oportunidades y no entendían los fenómenos que los causaban, motivándolos a su estudio [10].

Ahora bien, para la PS 6, el EP 2 y la CF del curso, a pesar de que las medias son mayores en AA que en AT, no hay diferencia significativa entre ellas por lo que al parecer el AA no afecta estos resultados. El hecho de que la PS 6 y el EP 2 presenten estos resultados es posible que se deba a que los estudiantes que tienen mejores calificaciones, es decir los de AA, suelen relajarse y dedicar más tiempo de estudio a otras materias en las que han tenido menor rendimiento en el semestre, por el contrario, quienes tienen calificaciones más bajas, es decir los de AT, se esfuerzan por mejorar su rendimiento académico, explicando así las notas similares en las últimas evaluaciones. Además, durante la semana de exámenes parciales finales, cada día presentan un examen de una materia diferente y el tiempo que tienen para estudiar es menor.

Por otra parte, nuestra perspectiva como autores del trabajo, después del análisis de los resultados cuantitativos y una reflexión profunda de la metodología aplicada, consideramos comunicar que durante esta experimentación se obtuvieron las siguientes apreciaciones importantes: i) los estudiantes en los que se aplicó la metodología AA, intervinieron más en clases; ii) se presentaban más motivados y seguros frente a las evaluaciones sumativas individuales y iii) adquirieron más confianza para hablar en público que los estudiantes que estuvieron en la metodología AT, además, el mayor trabajo colaborativo dentro y fuera del aula genera una mayor discusión de los temas provocando un aprendizaje significativo.

Finalmente, nuestra contribución a las metodologías de enseñanza-aprendizaje, fundamentados en los resultados obtenidos, se demuestra que una metodología combinada entre Aprendizaje Invertido, Aprendizaje Basado en Problemas y Aprendizaje Colaborativo es efectiva para la mejora del rendimiento académico de los estudiantes frente a la metodología tradicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los profesores y técnicos docentes que han impartido la asignatura de química general en la ESPOL en modalidad Aprendizaje Activo (Nadia Flores, Lorena Quinchuela, Andrea Barcia, Yesenia Pacheco, Christian Moreno, Diana Águila) por su aporte en la mejora en la metodología y a Álvaro Fuentes Montaña por el diseño de la imagen de la Fig. 1, Asistente de Comunicación del Centro de Investigaciones y Servicios Educativos (CISE) de la ESPOL.

REFERENCIAS

- [1] G. Sirhan, "Learning difficulties in chemistry: an overview," *Turkish Science Education*, vol. 4, no. 2, pp. 1-20, Sept. 2007. [Online]. Available: <http://www.tused.org>.
- [2] E. T. Ong, C. K. S. Singh, R. Wahid, and M. I. M. Saad, "Uncovering pedagogical gaps in a chemistry classroom: implications for teaching and learning," *International Journal of Evaluation and Research in Education*, vol. 12, no. 2, pp. 979-990, Jun. 2023, doi: 10.11591/ijere.v12i2.23042.
- [3] M. H. Chiu, H. L. Tuan, H. K. Wu, J. W. Lin, and C. C. Chou (Eds.), "Chemistry Education and Sustainability in the Global Age," *Springer Science & Business Media Dordrecht*, 2013, pp. 1-345, doi: 10.1007/978-94-007-4860-6_1.
- [4] F. M. Mangubat, "Anecdotes of university students in learning chemistry: a Philippine context," *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, vol. 12, no. 1, pp. 24-31, Mar. 2023, doi: 10.15294/jpii.v12i1.42120.
- [5] V. R. Ralph and S. E. Lewis, "Chemistry topics posing incommensurate difficulty to students with low math aptitude scores," *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 19, no. 3, pp. 867-884, 2018, doi: 10.1039/c8rp00115d.
- [6] J. G. Barker, "Effect of instructional methodologies on student achievement modeling instruction vs. traditional instruction," *LSU Master's Thesis*, 503, 2012. [Online]. Available: https://repository.lsu.edu/gradschool_theses/503.
- [7] M. Zapata-Ros, "Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos conectados y ubicuos. Bases para un nuevo modelo teórico a partir de una visión crítica del conectivismo" *Education in the Knowledge Society*, vol. 16, no. 1, pp. 69-102, March 2015, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=535554757006>.
- [8] M. Gr. Voskoglou, A. M. Salem, "Benefits and limitations of the artificial with respect to the traditional learning of mathematics," *Mathematics*, vol. 8, no. 4, pp. 1-15, Apr. 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/math8040611>.
- [9] C. Pepper, "Problem-Based Learning (PBL)," in *Encyclopedia of Science Education*, Springer Netherlands, 2014, pp. 1-3. doi: 10.1007/978-94-007-6165-0_128-2.
- [10] J. Hoyland and J. Hyde, "The implementation and effects of contemporary Problem-Based Learning in chemistry," *New Directions in the Teaching of Natural Sciences*, vol. 18, no. 1, pp. 1-6, 2013, doi: 10.29311/ndtms.v0i18.4318.
- [11] F. A. A. Masbukhin, S. S. Adji, and A. F. D. Wathi, "Project-Based Learning (PjBL) model in chemistry learning: students' perceptions," *European Journal of Education and Pedagogy*, vol. 4, no. 1, pp. 93-98, Feb. 2023, doi: 10.24018/ejedu.2023.4.1.567.
- [12] T. Gomez-del Rio and J. Rodriguez, "Design and assessment of a project-based learning in a laboratory for integrating knowledge and improving engineering design skills," *Education for Chemical Engineers*, vol. 40, pp. 17-28, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.ece.2022.04.002.
- [13] Z. Zen, Reflianto, Syamsuar, and F. Ariani, "Academic achievement: the effect of project-based online learning method and student engagement," *Heliyon*, vol. 8, no. 11, p. e11509, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11509.
- [14] Sudarmin, S. E. Pujiastuti, R. Asyhar, A. T. Prasetya, S. Diliarosta, and Ariyatun, "Chemistry project-based learning for secondary metabolite course with ethno-stem approach to improve students' conservation and entrepreneurial character in the 21st century," *Journal of Technology and Science Education*, vol. 13, no. 1, pp. 393-409, 2023, doi: 10.3926/jotse.1792.
- [15] C. J. Brame, "Flipping the Classroom," in *Science Teaching Essentials: Short Guides to Good Practice*, Elsevier, 2019, pp. 121-132. doi: 10.1016/B978-0-12-814702-3.00009-3.
- [16] C. O. Nja, R. E. Orim, H. A. Neji, J. O. Ukwetang, U. E. Uwe, and M. A. Ideba, "Students' attitude and academic achievement in a flipped classroom," *Heliyon*, vol. 8, no. 1, p. e08792, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e08792.
- [17] P. Ramos De Santis, "Comparative multivariate analysis of traditional and active learning methodologies in a public university," In: M. Botto-Tobar, H. Cruz, A. Díaz Cadena, B. Durakovic, (eds.), *Emerging Research in Intelligent Systems, CIT 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*,

vol. 406 LNNS, Springer, Cham, 2022, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-96046-9_2

- [18] I. Y. Alyoussef, "Acceptance of a flipped classroom to improve university students' learning: An empirical study on the TAM model and the unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT)," *Heliyon*, vol. 8, p. e12529, 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12529.
- [19] T. Chen, H. Luo, P. Wang, X. Yin, and J. Yang, "The role of pre-class and in-class behaviors in predicting learning performance and experience in flipped classrooms," *Heliyon*, vol. 9, p. e15234, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e15234.