

# IMPACTO DE LA APLICACIÓN DE UN JUEGO DE CARTAS COLECCIONABLES EN EL APRENDIZAJE DE RUTAS METABÓLICAS EN ALUMNOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UPIIZ-IPN

**RIVERA ORTIZ HUGO ALEJANDRO**

*COLEGIO DE BACHILLERES DEL ESTADO DE ZACATECAS, PLANTEL 19  
"ROBERTO CABRAL DEL HOYO"*

**NERIA REYES MARÍA MONSERRAT**

*UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS  
ZACATECAS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (UPIIZ-IPN)*

**RAMOS HERRERA OSCAR JAVIER**

*UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA CAMPUS  
ZACATECAS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (UPIIZ-IPN)*

**TEMÁTICA GENERAL:** EDUCACIÓN EN CAMPOS DISCIPLINARES

## RESUMEN

La Bioquímica es una de las varias ciencias que hacen uso la ingeniería, la Biotecnología y demás disciplinas Químico-Biológicas. Su aprendizaje no es sencillo, debido a la diversidad de conocimientos que existen sobre ella, por lo cual se hace necesario que las personas que fungen como mediadores entre el conocimiento y los alumnos, busquen estrategias para facilitar dicho aprendizaje.

En el presente trabajo se realizó un Juego de Cartas Coleccionables (TCG) denominado "Metawars", con el objetivo de que sea utilizado como herramienta auxiliar en el entendimiento de rutas metabólicas de acuerdo al estilo de aprendizaje de los alumnos (fue apto para alumnos con el perfil activo/intuitivo/visual/secuencial, de acuerdo al modelo de Felder y Silverman).

Para validar los resultados obtenidos se realizaron evaluaciones antes y después de la herramienta didáctica, comparando los resultados con un ANOVA y un análisis de comparación de medias de Tukey. Se concluyó que el juego *Metawars*, como herramienta didáctica para la comprensión de las rutas metabólicas, tuvo un impacto positivo; dado que los alumnos mejoraron sus calificaciones.

**Palabras clave:** Investigación Educativa, Bioquímica, Educación Superior, Instituto Politécnico Nacional (I)

## INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Ambiental hace uso de múltiples ciencias para dar solución a las problemáticas ambientales presentes en el mundo. Estas ciencias incluyen a la Física, Matemáticas, Química y Biología entre otras. De estas últimas encontramos la rama de la Bioquímica, la cual explica a nivel molecular las reacciones y cambios ocurridos en todos los organismos vivos.

En este trabajo se hace una propuesta para mejorar el entendimiento de temas tales como las rutas metabólicas y metabolismo en general con aplicación en el campo de la Ingeniería Ambiental, a través del uso de un juego de cartas coleccionables (TCG). Dichos juegos han sido poco estudiados como herramientas didácticas, pero se cree que poseen una alta factibilidad de aplicación debido a sus múltiples bondades.

Se seleccionaron cinco rutas metabólicas representativas de las tres matrices ambientales para construir el juego y se puso a disposición del grupo de estudio de alumnos de distintos niveles del programa académico de Ingeniería Ambiental de la UPIIZ.

Se comparó dicho grupo con un grupo control (sin aplicación del juego), a través de una evaluación ideográfica entre una evaluación diagnóstico/inicial y una evaluación sumativa/final realizadas antes y después de la aplicación de la herramienta didáctica respectivamente. Para dicha comparación se recurrió al uso de datos estadísticos descriptivos, ANOVA de una vía y análisis de Tukey.

Por lo anterior se tiene como objetivo del presente trabajo, crear y aplicar un juego de cartas coleccionables que impacte de manera positiva en el aprendizaje de rutas metabólicas y temas sobre metabolismo que sean de interés en el campo de la Ingeniería Ambiental.

## DESARROLLO

### **Selección de rutas metabólicas y evaluación diagnóstica**

Se seleccionaron las rutas metabólicas: Glucólisis, Ciclo de Krebs, Degradación aerobia de DDT (Betancur Corredor, 2013), Degradación aerobia de tolueno (Burlage y col., 1989) y Metanogénesis (Ferry, 1992), como rutas metabólicas representativas de las tres matrices ambientales (aire, suelo y agua).

Se realizó una evaluación diagnóstica y se identificaron los conocimientos previos con los que cuentan los alumnos respecto a temas sobre metabolismo, las rutas metabólicas seleccionadas y su aplicación en Ingeniería Ambiental. Para esto se seleccionó un cuestionario de acuerdo a Casanova (1998), que resalta los aprendizajes que van adquiriendo los alumnos, y permite describirlos de forma individual.

### **Desarrollo del juego como herramienta didáctica**

Se verificó que las rutas metabólicas pudieran adaptarse a la mecánica de un juego de cartas. Por lo que en cada ruta fueron considerados los siguientes puntos: Metabolitos, Enzimas, Coenzimas, Condiciones de Reacción, Subproductos, Peso Molecular, Números Enzimáticos y Energía Libre de Gibbs; para crearlas.

En las áreas dónde se identificó una carencia del conocimiento en la evaluación diagnóstica se crearon cartas especiales, para que el juego hiciera referencia a estos temas. Se realizó un Manual de Usuario con las reglas del juego y una enciclopedia virtual que contiene la información detallada sobre las cartas, dinámicas de juego, consejos y datos bioquímicos en los que se basan, disponibles en redes sociales como Facebook.

En las sesiones se registraron las horas totales con las que cada alumno estuvo en contacto con el juego. Previo a esto todos los sujetos de estudio llenaron una versión traducida de un cuestionario propuesto por la North Carolina State University que sirvió para determinar su estilo de aprendizaje de acuerdo al modelo de Felder y Silverman, reportado por Brito y Espinosa (2015), evaluando también el grado de preferencia del estilo de aprendizaje.

### **Evaluación del impacto**

Una vez concluidas las sesiones se realizó una segunda evaluación denominada sumativa/final y se compararon de forma ideográfica. Dicha evaluación tenía contenidos similares a los expuestos en la evaluación diagnóstico/inicial pero planteados de forma diferente.

Los resultados de ambas evaluaciones fueron analizados utilizando porcentajes y mediante análisis de varianzas de una sola vía. Para el análisis post-ANOVA se recurrió al test de comparaciones múltiples de Tukey. El software utilizado fue Excel v 2010 y Statics v 23 de IBM.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Evaluación diagnóstica**

La evaluación diagnóstico/inicial fue ponderada utilizando una escala del 0 al 10. La tabla 1 muestra los resultados estadísticos de la aplicación evaluación diagnóstico/inicial donde podemos destacar que séptimo nivel obtuvo el promedio general más alto con 4.62 y junto con quinto, superaron la media global de 4.43. Tercero obtuvo el promedio más bajo con 4.23 y quinto obtuvo un promedio de 4.47.

Los índices de reprobación son similares en los tres niveles, siendo de 86.21% para tercero, 86.67% para quinto y 86.96% para séptimo sin embargo el índice global es mayor (89.02%). La calificación más alta fue encontrada en quinto nivel con 7.50 mientras que la más baja fue de 0.36 encontrada en tercero.

#### Desempeño temático

Con el objetivo de identificar las áreas específicas donde hace falta reforzar el conocimiento se realizó una clasificación de los reactivos de la evaluación de acuerdo a la ruta metabólica a la que hacían referencia y en la figura 1, se observa el porcentaje de aciertos que obtuvieron los alumnos. Las siglas del eje horizontal se refieren a Bioquímica General (BIO), Glucólisis (GLU), Ciclo de Krebs (CDK), Degradación aerobia de DDT (DDT), Degradación de Tolueno (TOL), Metanogénesis (MET) y otros temas sobre metabolismo (OTR) donde se incluían aspectos sobre la Cadena de Transporte de Electrones.

Se observa que en las preguntas sobre glucólisis todos los niveles alcanzan un aprovechamiento aceptable, fijado en 60%; mientras que solo el quinto nivel lo alcanza en temas sobre el Ciclo de Krebs. Los alumnos del tercer nivel destacan en temas sobre Bioquímica general y Glucólisis; quinto nivel en el Ciclo de Krebs, Degradación de Tolueno y otros; séptimo nivel en degradación de DDT y Metanogénesis.

#### ANOVA de una vía y post ANOVA de Tukey (E D/I)

Se realizó un análisis de la varianza para determinar si existía o no diferencia entre las medias de los tres niveles. La tabla 2 contiene los datos que demuestran que los tres niveles no presentan variaciones significativas dado que el nivel de significancia es mayor al límite de confianza establecido en 0.2. De esta manera se demuestra que los conocimientos sobre estas rutas metabólicas son similares entre los niveles a pesar de que los grupos de séptimo nivel han llevado más unidades de aprendizaje relacionadas con metabolismo.

También se realizó un análisis de la varianza tomando en cuenta los alumnos voluntarios a los cuales se les aplicó el juego, este grupo de alumnos se denominó como Grupo de estudio. Para formar los nuevos grupos, se extrajeron de los niveles a aquellos alumnos que habían utilizado el juego dejando los niveles únicamente con los alumnos que no emplearon el juego.

El ANOVA para la evaluación inicial se encuentra en la tabla 3 donde se observa que el nivel de significancia de la prueba es menor al límite de confianza por lo que podemos afirmar que las medias entre estos grupos son significativamente diferentes.

### Metawars, el juego

El juego desarrollado se denominó “**Metawars: Trading Card Game**”, el cual consiste en utilizar una célula modificada genéticamente que utiliza una ruta metabólica específica para atacar una célula enemiga. La primera en perder sus puntos de vida es derrotada.

Las cartas generadas fueron clasificadas en tres tipos:

- Guerreros
- Defensores
- Mutaciones genéticas

Los guerreros son los encargados de disminuir la vida de la célula enemiga, los defensores repelen a los guerreros y protegen a la célula, las modificaciones genéticas cambian a la célula o su entorno favoreciendo al usuario o perjudicando a la célula enemiga. Las figuras 3 y 4 muestran un ejemplo de las cartas de guerreros y defensores respectivamente.

Las mutaciones genéticas (ver figura 5) fueron clasificadas en 4 categorías:

- Espontaneas: Se activan cuando se dan ciertas condiciones, principalmente cuando la célula es atacada.
- Progresivas: Se colocan para producir diversos efectos inmediatos.
- Estructurales: Modifican el entorno de la célula con efectos sobre guerreros y defensores y son permanentes.
- Equipadas: Se atribuyen a guerreros o defensores específicos modificando sus capacidades combativas.

En la tabla 4 se encuentra una descripción de los aspectos bioquímicos en los que fueron basados las cartas de guerreros y defensores. Las primeras contienen datos referentes a los metabolitos utilizados en las rutas mientras que las segundas contienen información acerca de las enzimas que participan.

La creación de mutaciones genéticas se hizo con la finalidad de ir más allá de solo abordar metabolitos y enzimas implicadas en las reacciones. Esto abrió la posibilidad de incluir temas más específicos. Dichos temas fueron los siguientes:

- Matriz ambiental dónde se desarrolla la ruta.
- Antibióticos
- Primavera Silenciosa
- Organelos dónde se llevan a cabo las rutas metabólicas
- Uso de componentes inorgánicos
- Organelos
- Quimiolitotrofia
- Lisis celular

- Ciclo de Calvin
- Condiciones de oxígeno para llevar a cabo determinada ruta.
- Efecto de la temperatura en las reacciones biológicas
- Tipos de intoxicación
- Compuestos aromáticos
- Auditorías ambientales
- Tipos de Metanogénesis
- Crecimiento microbiano
- Toxicidad de halógenos
- Gas natural y combustibles fósiles
- Oxidación de materia orgánica
- Eutrofización
- Trabajos de Mario Molina
- Clasificación de enzimas
- Transporte activo de sustancias
- Catabolismo y Anabolismo
- Sustratos activos y competencia entre ellos.
- Reactores y biorreactores.
- Tratamiento de aguas residuales
- ATP como moneda energética

### **Estilos de aprendizaje**

Luego de analizar la mecánica del juego se determinó que el juego es ideal para alumnos con el perfil **Activo/Intuitivo/Visual/Secuencial**. Se requiere de alumnos activos ya que según Di Bernardo, J., & Gauna Pereira, M. (2005) los anteriores retienen mejor la información haciendo algo con el conocimiento y les agrada el trabajo grupal. Sin embargo es deseable también que sean capaces de pensar detenidamente en cada carta, su significado, sus efectos y posibles usos para de esta manera generar estrategias y generar interés en el juego. Es por ello que los alumnos de ambas dimensiones pero con preferencia discreta son adecuados para el juego.

Los alumnos intuitivos son capaces de descubrir posibilidades y relaciones, les agradan las innovaciones y captan mejor los nuevos conceptos y las abstracciones (Di Bernardo, J., y Gauna Pereira, M. 2005). Es por ello que son altamente afines al juego en contraste con los alumnos sensitivos que son más metódicos y cerrados.

Dada la cantidad de contenidos visuales presentes en las cartas, la dimensión visual se ve beneficiada, sin embargo; es necesario que el alumno sea capaz de aprender los textos que hablan sobre los nombres y efectos de las cartas con el objetivo de relacionarlo con su aplicación real, por ello un perfil Visual Moderado es el idóneo para el juego.

El grado de dificultad del juego complica el aprendizaje de los alumnos con la dimensión Global ya que obtener una visión general de todos los aspectos implicados no es sencillo. Es preferible ir aprendiendo a dominar el juego de manera secuencial, para que una vez dominado se pueda proceder con las abstracciones que están implicadas.

En la figura 6 se muestran las gráficas de los resultados de la determinación del estilo de aprendizaje por número de alumnos. Estos resultados concuerdan con otras investigaciones (Brito-Orta y Espinosa-Tanguma 2015; Di Bernardo y Gauna Pereira 2005) las cuales arrojan que la mayoría de los alumnos tienen al perfil A, el cual se entiende como aquel que se encuentra del lado derecho en el eje de las X, y dado que el juego responde principalmente los alumnos de la categoría A (excepto en la dimensión Intuitivo) se considera útil como estrategia de aprendizaje para el grupo de estudio.

Es importante señalar que si bien la mayoría de los alumnos presenta un perfil global, todos ellos lo hacen de una forma discreta lo cual hace que también sean capaces de aprender de manera secuencial, dimensión a la cual satisface el juego.

Además de acuerdo con los antecedentes, las estrategias de aprendizaje tradicionales responden los estilos **Reflexivo/Intuitivo/Verbal/Secuencial** por lo tanto la mayor utilidad está dada para los alumnos con un perfil Activo y Visual. Esta compatibilidad entre estilos de aprendizaje de los alumnos y estrategia de aprendizaje genera que sea posible un entendimiento de estos temas.

### **Evaluación sumativa/final**

#### Análisis estadístico descriptivo

Al igual que la evaluación diagnóstico/inicial, la evaluación sumativa/final fue ponderada utilizando una escala del 0 al 10. La tabla 5 muestra los resultados estadísticos de la aplicación evaluación diagnóstico/inicial donde se destaca un aumento general de los promedios en relación a la evaluación diagnóstico/inicial. Nuevamente el séptimo nivel obtuvo el promedio general más alto. Tercero obtuvo el segundo lugar en promedio con 5.63, superando a quinto nivel, cuyo promedio fue



de 5.33. A pesar de ello, la calificación más alta fue encontrada nuevamente en quinto nivel con 7.87 mientras que la más baja fue de 2.68 encontrada otra vez en tercero.

Los índices de reprobación disminuyeron en diferente medida en cada nivel. Quinto paso a tener un índice de 75.00% el cual fue el único mayor a la media de 62.82%. Tercero fue el grupo que obtuvo el menor índice de reprobación obteniendo un 55.17% mientras que séptimo obtuvo un 57.14%; el total de alumnos aprobados en los tres grupos fue de 29.

#### Desempeño temático

Nuevamente se evaluó el porcentaje de aciertos de acuerdo al tema, los resultados de esto se encuentran en la figura 7 donde se observa que de manera global fue superado el porcentaje de aciertos mínimo aceptado (60%) en temas de Bioquímica General, Glucólisis y Ciclo de Krebs. Tercero destacó en temas sobre Bioquímica general, Glucólisis y Ciclo de Krebs, Quinto no destaca en ningún aspecto y Séptimo destaca en las categorías restantes.

#### ANOVA de una vía y post-ANOVA Tukey (E S/F)

Se realizó un análisis de la varianza de la evaluación sumativa/final para determinar si existía o no una diferencia entre los tres niveles. El resultado fue negativo dado que de acuerdo a la tabla 6, el nivel de significancia supero al límite de confianza establecido en 0.2.

De igual forma que en la evaluación diagnóstico/inicial se separó al grupo de estudio del resto de los alumnos y se aplicó un ANOVA, la cual se encuentra en la tabla 7, donde el nivel de significancia de la prueba es menor al límite de confianza, por lo que se afirma que las medias entre estos grupos son significativamente diferentes.

En la tabla 8 se encuentra el análisis Tukey de la evaluación sumativa/final el cual arrojó una subclasificación en dos grupos, donde se observa que el grupo de estudio es significativamente diferente a los grupos de quinto y tercero.

#### **Evaluación ideográfica y análisis del impacto del juego**

##### Impacto en la distribución de calificaciones

En la figura 8 se pueden observar los polígonos de frecuencia de la calificación de todos los alumnos observándose un ligero avance general lo cual se puede corroborar con el análisis descriptivo de las evaluaciones realizado anteriormente. En el grupo de estudio también se observa un avance y una disminución en la dispersión. Los cambios observados por nivel se encuentran en las figuras 9,



10 y 11 para los niveles tercero, quinto y séptimo respectivamente, los cuales obtuvieron comportamientos similares al comportamiento global exceptuando por el quinto nivel dado que en ellos se aprecia una clara disminución de la distribución. Sin embargo este fenómeno no impacta en el grupo de estudio dado que en ellos si es apreciable un avance en las calificaciones.

#### Impacto en el desempeño temático

De acuerdo a la figura 12, los temas en los que se tuvo mayor impacto fueron Degradación aerobia de DDT, Metanogénesis, y Ciclo de Krebs en ese orden, en el resto de los temas se encontró un avance similar al encontrado en el resto de los grupos.

#### Causas de la variación de datos estadísticos

El aumento generalizado en el promedio de calificaciones puede deberse principalmente a dos factores: al avance del periodo escolar y por lo tanto a una adquisición de conocimientos mayor en los tres niveles y a una disminución en la dificultad del examen que combinado con el factor anterior llevó una mejora en las calificaciones.

Para demostrar lo anterior se tiene a la figura 13 la cual muestra la percepción que tuvieron los alumnos sobre ambas evaluaciones observándose un aumento de un 23% en la percepción de que el examen no estuvo ni fácil ni difícil. Además de la disminución de un 16% de los alumnos que estaban en desacuerdo con la afirmación. Por lo tanto al tener un examen más fácil se aumenta el rendimiento general.

## CONCLUSIONES

Las rutas seleccionadas fueron apropiadas dado que los estudiantes conocían de su aplicación en la Ingeniería Ambiental y fueron de fácil adaptación al TCG. A través de la evaluación diagnóstico/inicial y su respectivo ANOVA se llegó a la conclusión que los grupos poseían conocimientos similares sobre estas rutas a pesar de la diferencia de niveles. Las únicas diferencias significativas encontradas fueron entre el grupo de alumnos de tercero que no utilizó el juego y el grupo de alumnos que emplearon el juego.

El tiempo de aplicación fue suficiente para que los alumnos comprendieran la dinámica general del juego y mejoraran sus evaluaciones. Luego de un análisis de los aspectos involucrados en el juego se determinó que este es apropiado para su uso como estrategia de aprendizaje a alumnos cuyo perfil corresponda a Activo/Intuitivo/Visual/Secuencial. La mayoría de los alumnos que aplicaron el juego corresponden al perfil Activo/Sensitivo/Visual/Global lo que permitió que tuvieran afinidad con el mismo y de esta manera aumentaran sus calificaciones en la evaluación sumativa/final.

Luego de la evaluación sumativa/final se observa un aumento generalizado del promedio en todos los alumnos. El análisis de la varianza arrojó nuevamente que los alumnos de los tres niveles no presentan diferencias significativas en la cantidad de aciertos. Sin embargo el grupo de estudio ahora muestra una diferencia significativa con los alumnos del nivel tercero y quinto que no aplicaron el juego, esto de acuerdo a los resultados del análisis post ANOVA.

El juego impactó de manera positiva en el aprendizaje del Ciclo de Krebs, Degradación de DDT y Metanogénesis de acuerdo con la evaluación idiográfica. Con esto se demuestra que los TCG pueden ser utilizados como herramientas auxiliares en el aprendizaje de rutas metabólicas, las cuales son la base de un desarrollo profesional adecuado para el Ingeniero Ambiental.

## TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Resultados de la evaluación diagnóstico/inicial.

Nivel	Número de alumnos	Calificación	Mediana	Moda
Tercero	29	4.23 ±1.57	4.55	4.11(3)
Quinto	30	4.47±1.49	4.81	3.04(2)
Séptimo	23	4.62± 1.10	4.64	4.29(2)
Global	82	4.43±1.41	4.55	4.11(5)

	Calificación mayor	Calificación menor	Total de alumnos aprobados	Índice de reprobación
Tercero	6.79	0.36	4	86.21%
Quinto	7.50	1.42	4	86.67%
Séptimo	6.72	2.14	3	86.96%
Global	7.50	0.36	11	89.02%

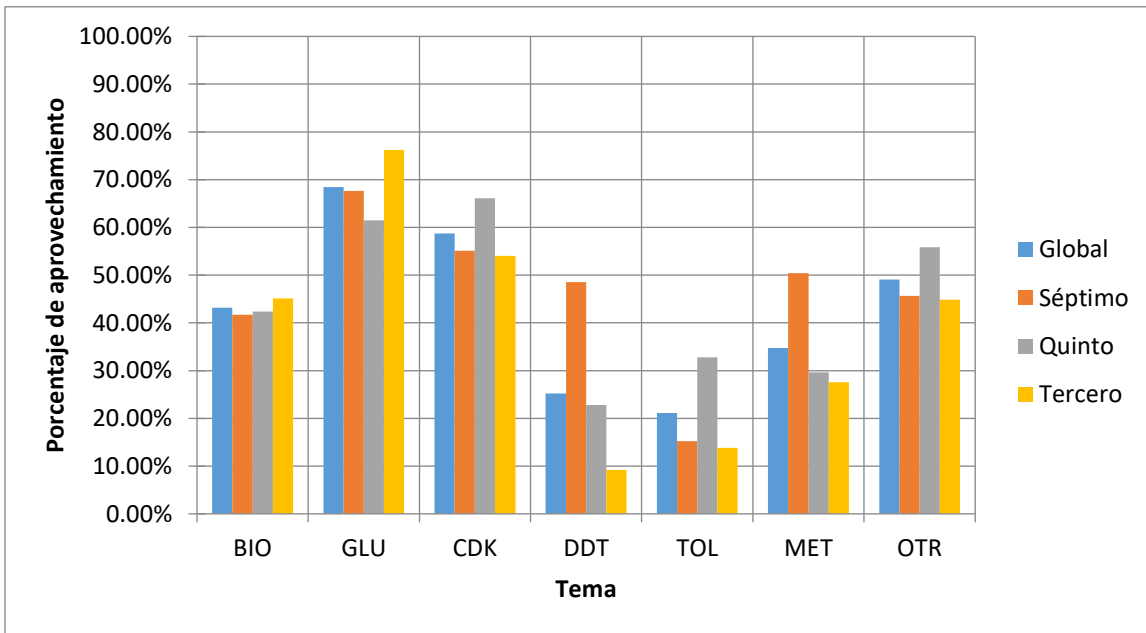


Figura 1. Porcentaje de aciertos de acuerdo al tema de la evaluación diagnóstico/inicial.

Tabla 2. ANOVA de la evaluación diagnóstico/inicial considerando los tres niveles.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de la suma	F	Nivel de significancia
Tratamiento	2.110360	2	1.0551798	0.52	0.5971
Error	160.606762	79	2.0329970		
<b>Total</b>	<b>162.717122</b>	<b>81</b>			

Tabla 3. ANOVA de la evaluación diagnóstico/inicial considerando al grupo de estudio.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de la suma	F	Nivel de significancia
Tratamiento	16.865175	3	5.6217249	3.01	.0353
Error	145.851947	78	1.8698968		
<b>Total</b>	<b>162.717122</b>	<b>81</b>			

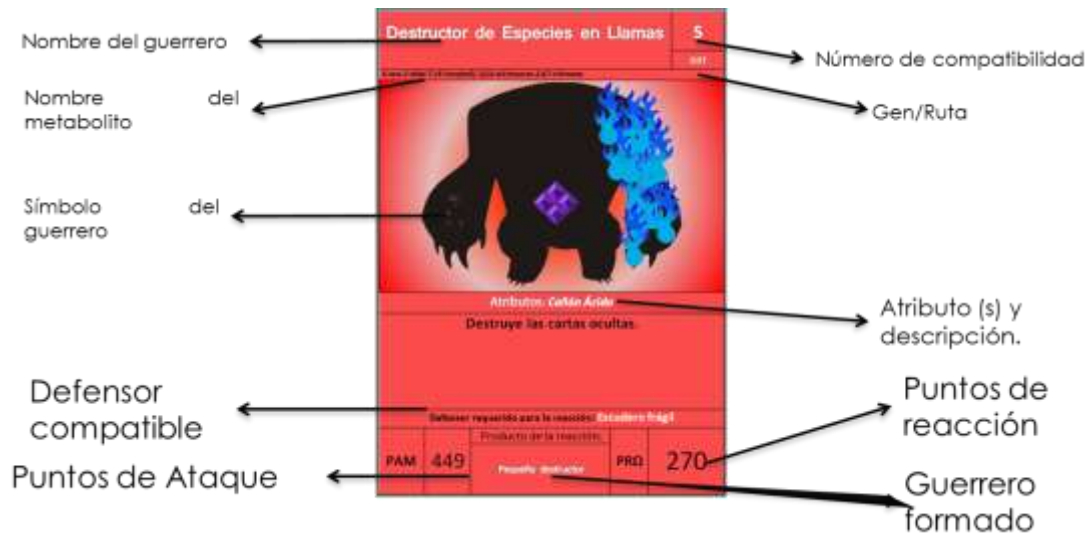


Figura 3. Carta de guerreros

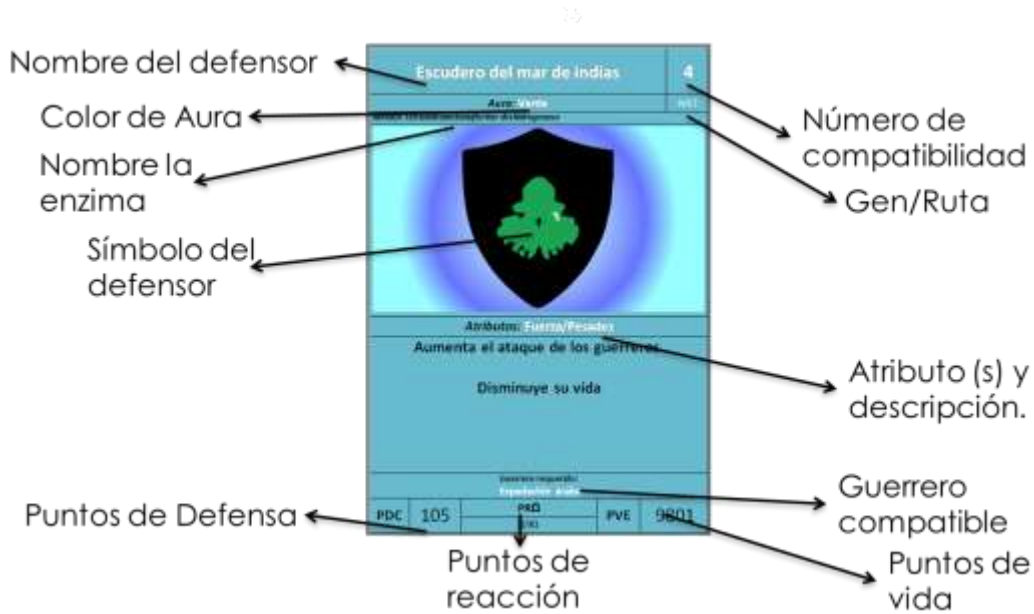


Figura 4. Carta de defensores

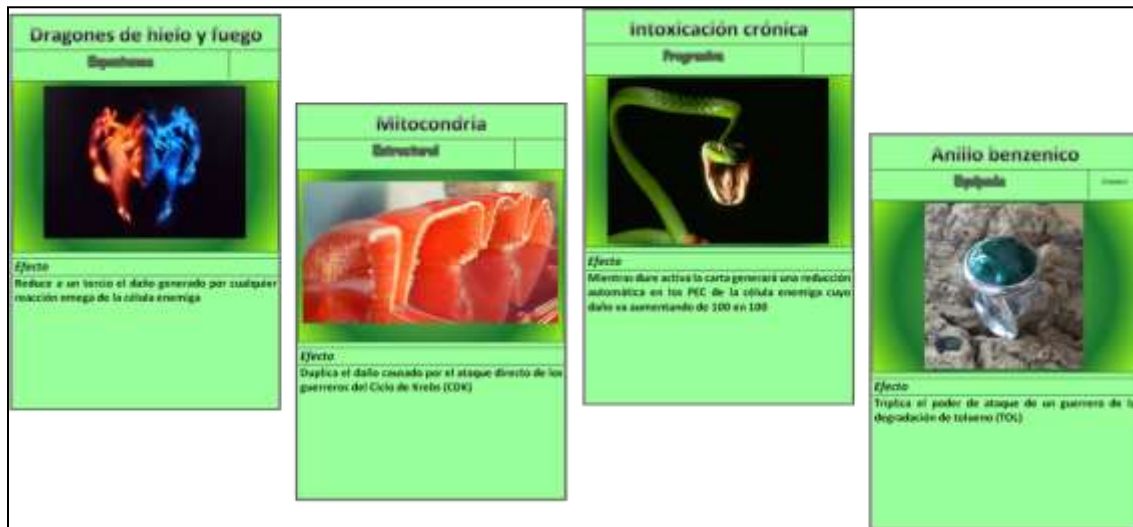


Figura 5. Cartas de modificaciones genéticas

Tabla 4. Datos contenidos en las cartas guerreros y defensores

Tipo de carta	Propiedad	Información	Método de obtención.
<b>Guerrero</b>	Nombre del guerrero	Nombre del metabolito	Haciendo reformas a los nombres originales y asignándoles características de acuerdo a su estructura química.
	Símbolo del guerrero	Estructura química	Realizando una adaptación de las estructuras moleculares rescatando las diferencias más importantes entre las moléculas.
	Atributos	Condiciones de reacción	Tomando en cuenta la entrada o liberación de cofactores, moléculas inorgánicas e inorgánicas.
	Defensor compatible	Enzima que cataliza la reacción	
	Puntos de ataque	Peso molecular del metabolito	Realizando un ajuste de $n + 60$ (siendo n el peso molecular)
	Guerrero formado	Producto o productos de la reacción	
	Puntos de reacción	Energía libre de Gibbs (en los casos en la que estuviera disponible)	Sin tomar en cuenta el signo del valor se realizó un ajuste proporcional buscando que la suma de todos los valores fuese igual a 4000
<b>Defensor</b>	Nombre del defensor	Nombre de la enzima	
	Color de aura	Clasificación dentro de la enzimología.	Verde: Oxidoreductasas. Rojo: Transferasas Azul: Hidrolasas Amarillo: Liasas Blanco: Isomerasas Negro: Ligasas
	Símbolo del defensor	Diagrama de cintas	Es una silueta de dicho diagrama
	Atributos	Condiciones de reacción	Tomando en cuenta la entrada o liberación de cofactores,

		moléculas inorgánicas y vectores,
Puntos de defensa	Primeros dos números de su número EC	Siendo las centenas el primer número y las unidades y decenas el segundo
Puntos de vida	Últimos dos números de su número EC	Siendo los miles y las centenas el penúltimo número y las unidades y decenas el último.
Guerrero compatible	Sustrato sobre el que actúa la enzima	
Puntos de reacción	Energía libre de Gibbs (en los casos en la que estuviera disponible)	Sin tomar en cuenta el signo del valor se realizó un ajuste proporcional buscando que la suma de todos los valores fuese igual a 4000



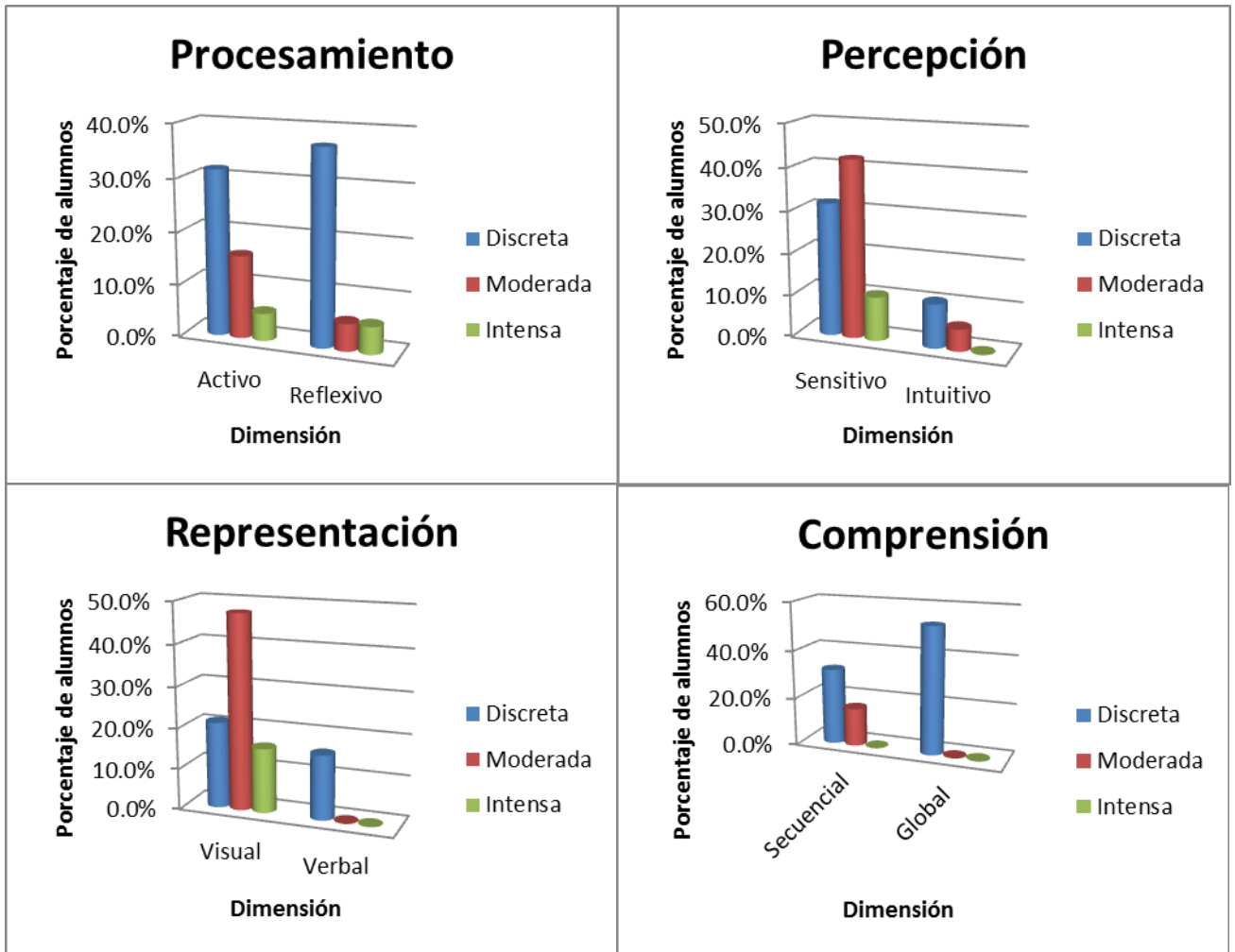


Figura 6. Estilos de aprendizaje de los alumnos.

Tabla 5. Resumen estadístico descriptivo de los resultados de la evaluación sumativa/final.

Nivel	Número de alumnos	Calificación	Mediana	Moda
Tercero	29	5.63±1.16	5.72	5.05(2)
Quinto	28	5.33±1.15	5.19	4.12(2)
Séptimo	21	5.72±1.06	5.84	5.84 (2)
Global	78	5.55±1.13	5.46	5.46(4)

	Calificación mayor	Calificación menor	Total de alumnos aprobados	Índice de reprobación
<b>Tercero</b>	7.56	2.68	13	55.17%
<b>Quinto</b>	7.87	3.88	7	75.00%
<b>Séptimo</b>	7.18	3.16	9	57.14%
<b>Global</b>	7.87	2.68	29	62.82%

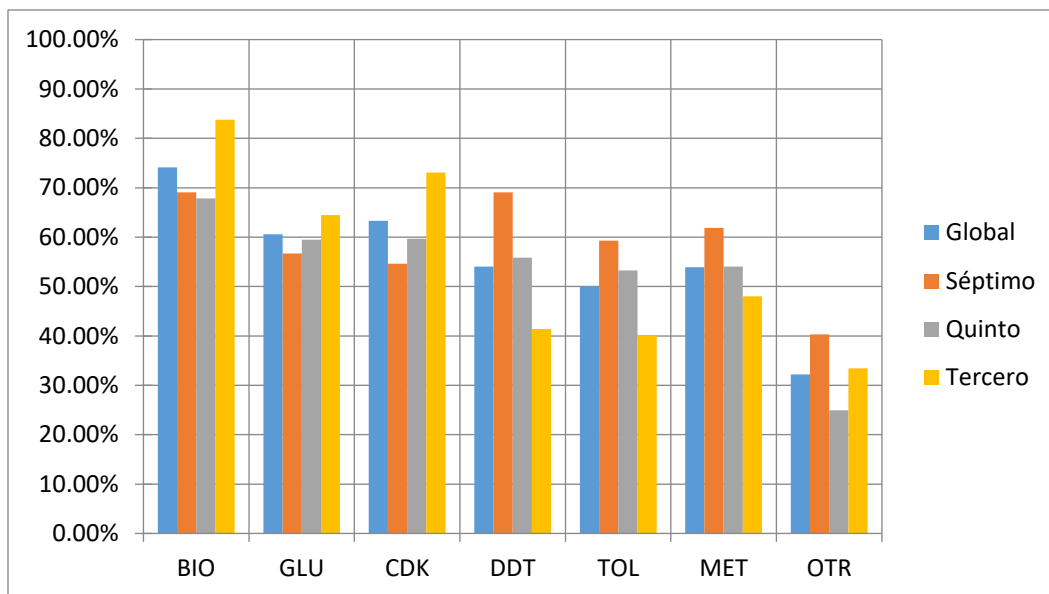


Figura 7. Porcentaje de aciertos de acuerdo al tema de la evaluación sumativa/final.

Tabla 6. Análisis ANOVA de la evaluación sumativa/final considerando los tres niveles

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de la suma	F	Nivel de significancia
<b>Tratamiento</b>	2.12	2	1.06	0.83	.4411
<b>Error</b>	96.07	75	1.28		
<b>Total</b>	98.19	77			

Tabla 7. ANOVA de la evaluación sumativa/final considerando al grupo de estudio

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media de la suma	F	Nivel de significancia
Tratamiento	8.77	3	2.92		
Error	89.41	74	1.20	2.42	0.0727
Total	98.19	77			

Tabla 8. Análisis Tukey para la evaluación sumativa/final

Nivel	N	Subclasificación para índice de confianza = 0.2	
		1	2
Quinto	23	5.2074	
Tercero	20	5.4002	
Séptimo	17	5.5926	5.5926
Grupo de estudio	18		6.1077
Sig.		0.698	0.471

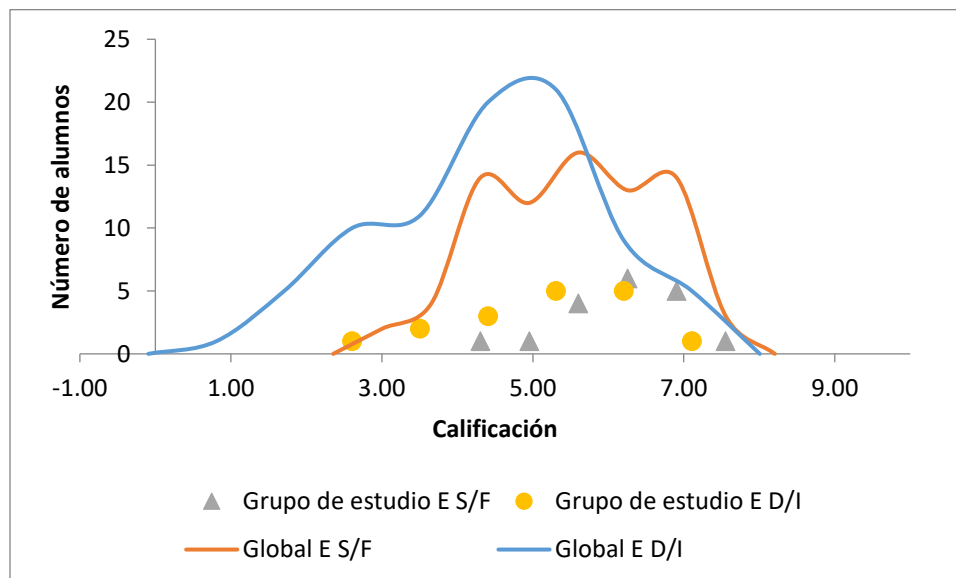


Figura 8. Distribución de frecuencias de las calificaciones globales antes y después de la aplicación del juego.

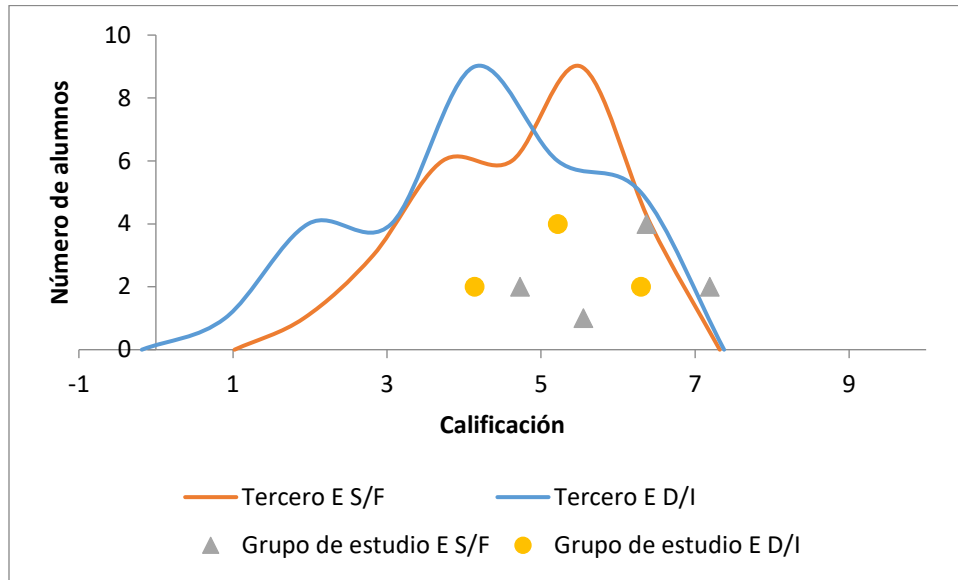


Figura 9. Distribución de frecuencias de las calificaciones de tercer nivel antes y después de la aplicación del juego

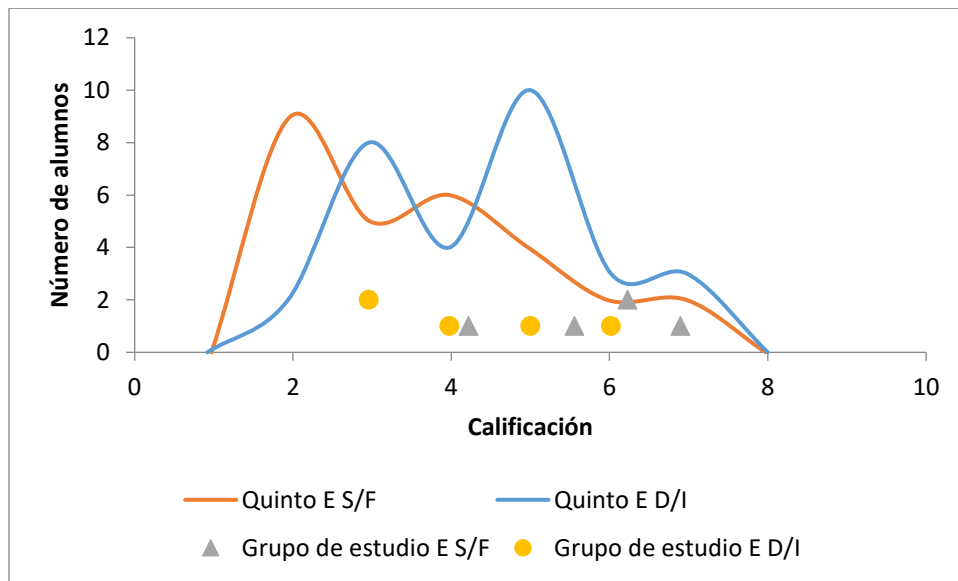


Figura 10. Cambio en la distribución de frecuencias de las calificaciones de quinto nivel antes y después de la aplicación del juego

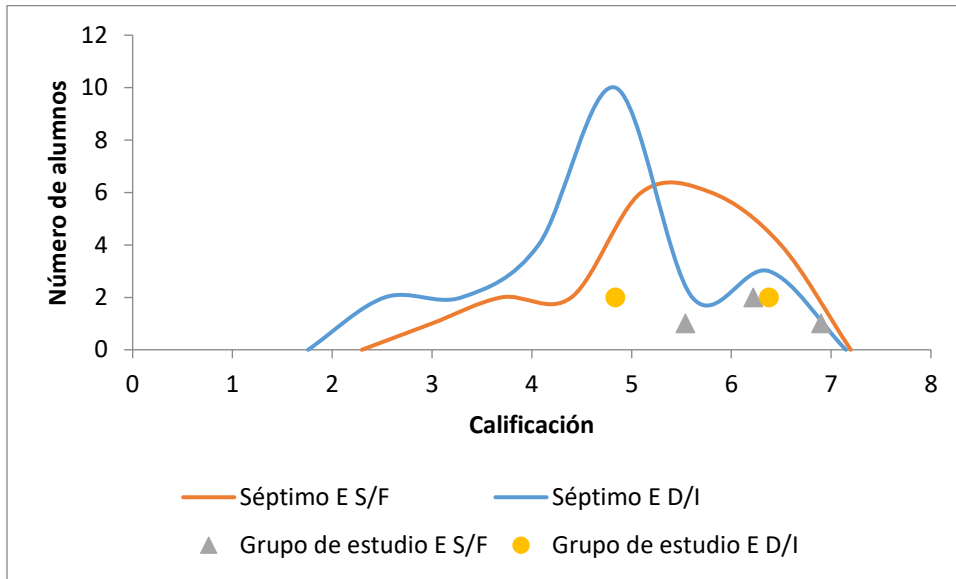


Figura 21. Cambio en la distribución de frecuencias de las calificaciones de séptimo nivel antes y después de la aplicación del juego

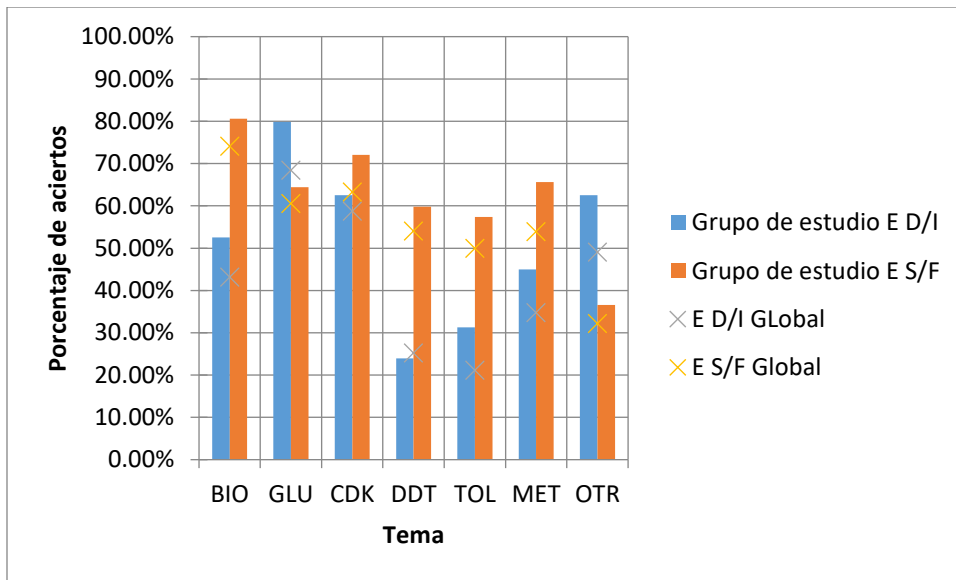


Figura 12. Comparación del avance temático entre el grupo de estudio y el desempeño global

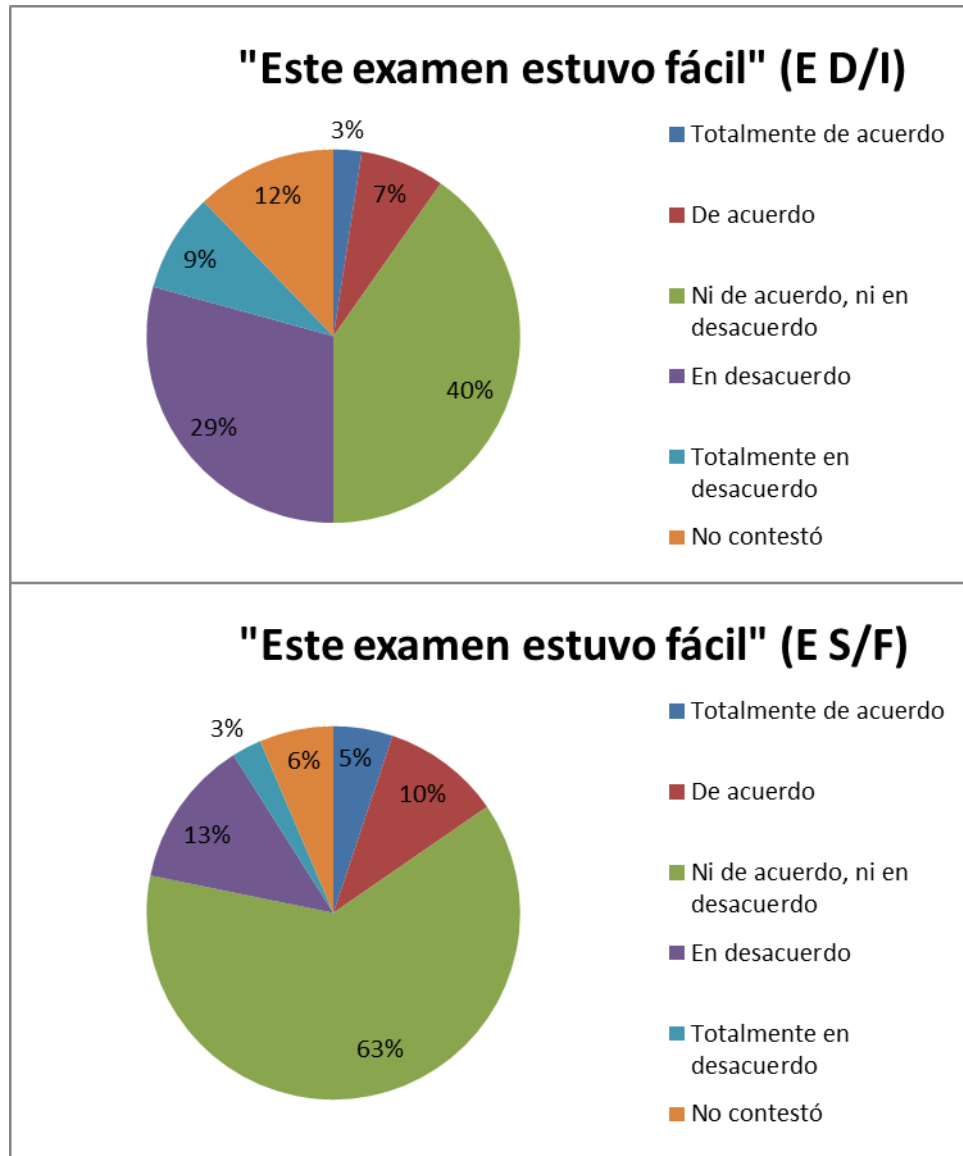


Figura 13. Percepción de la dificultad de las evaluaciones

## REFERENCIAS

- Brito-Orta, M. D., & Espinosa-Tanguma, R. (2015). *Evaluación de la viabilidad del cuestionario sobre estilos de aprendizaje de Felder y Soloman en estudiantes de medicina*, 4(2405), 28–35.
- Di Bernardo, J., & Gauna Pereira, M. (2005). *Determinación de los “estilos de aprendizaje” de los estudiantes de bioquímica como paso inicial en la búsqueda de un aprendizaje significativo*. Comunicaciones Científicas Y Tecnológicas.
- Betancur Corredor, B. (2013). *Biorremediación de suelo contaminado con el pesticida 1,1,1-tricloro-2,2-bis(p-clorofenil) etano (DDT) mediante protocolos de bioestimulación y adición de surfactante*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Burlage, R. S., Hooper, S. W., & Sayler, G. S. (1989). *The TOL (pWVO) Catabolic Plasmid*, 55(6), 1323–1328.
- Casanova, M. A. (1998). *La evaluación educativa. Escuela básica*. Madrid: Editorial Muralla.
- Ferry, J. G. (1992). *Biochemistry of methanogenesis. Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 27(6), 473–503. Disponible en: <http://doi.org/10.3109/10409239209082570>