

Aprendizaje de principios de combinatoria utilizando recursos educativos en abierto desde la perspectiva de la resolución de problemas

Alejandro Esparza Godínez ¹ 

Carlos Valenzuela García ² 

Resumen

Dentro de los Procesos de Desarrollo de Aprendizaje del Programa de Matemáticas en Educación Secundaria de la Secretaría de Educación Pública (SEP) se contemplan algunas nociones de conteo. Sin embargo, los problemas que se presentan en olimpiadas matemáticas requieren comprender y utilizar algunos principios de combinatoria, convirtiendo a esta en el área en la que los estudiantes de este nivel suelen tener menos preparación. Como resultado de esto, se propone un Recurso Educativo en Abierto (REA) que pretende ser un medio para estudiar los principios básicos de combinatoria para la resolución de problemas de tipo olímpico de nivel secundaria; está pensado principalmente para su implementación en el aula, pero también para uso autónomo, aprovechando la perspectiva de la resolución de problemas para propiciar el aprendizaje. Así, se pretende favorecer la correcta distinción entre los principios de combinatoria y la capacidad para resolver los problemas que los involucran.

Palabras clave

Resolución de problemas, Combinatoria, Olimpiada de matemáticas

¹ alejandro.esparza7678@alumnos.udg.mx
Universidad de Guadalajara

² carlos.valenzuela@academicos.udg.mx
Universidad de Guadalajara

Esparza Godínez, A., & Valenzuela García, C. (2025). Aprendizaje de Principios de Combinatoria utilizando Recursos Educativos en Abierto desde la perspectiva de la Resolución de Problemas. En C. M. Orozco Rodríguez, M. G. Vera Soria, A., M. S. García González, & A. Castañeda (Eds.), *Recursos Educativos en Abierto basados en Metodologías Activas para la Enseñanza de las Ciencias* (pp. 57–69). Editorial SOMIDEM.
<https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S2/2025/02-04>

Introducción

A lo largo de cada ciclo escolar, distintas organizaciones, como la Asociación Nacional de Profesores de Matemáticas (ANPM), la Sociedad Matemática Mexicana (SMM) o la Dirección de Ciencias Exactas y Habilidades Mentales de la Secretaría de Educación Jalisco, convocan a diversos concursos de matemáticas que tienen como propósito promover entre los estudiantes preuniversitarios la sana competencia y el estudio creativo de las matemáticas a través de la resolución de problemas de tipo olímpico. En el folleto de Problemas Avanzados 2008, al respecto de estos problemas, Rubio (2008) dice “Los problemas que aparecen aquí no son ejercicios rutinarios en los que se apliquen directamente los conocimientos que se adquieren en la escuela, son problemas que requieren de una buena dosis de ingenio y de esfuerzo para ser resueltos” (p. v.).

En dichos concursos, los problemas a resolver usualmente se agrupan en cuatro grandes áreas de las matemáticas: álgebra, combinatoria, geometría y teoría de números. De éstas, la combinatoria es la menos favorecida por los planes y programas de estudio en Educación secundaria. Los Procesos de Desarrollo de Aprendizaje del Plan y Programas de Estudio 2022 de la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2022) solo contemplan algunas nociones de problemas de conteo para el cálculo de probabilidades, como el principio general de la adición y el principio general de la multiplicación.

Becker et al. (1996) definen brevemente a la combinatoria como “la técnica, habilidad o arte de contar sin enumerar” (p. 5), esto se puede apreciar en las clases de matemáticas de nivel secundaria; es común observar que se busquen todas las posibles tiradas con dos dados de seis caras y que después se solicite la probabilidad de obtener dos números pares, o una suma mayor que 7, por mencionar un ejemplo. Los principios de combinatoria les permiten a los estudiantes contar estos casos de forma rápida, sin necesidad de enlistar todas las posibilidades de la situación que van a analizar.

Los principios de combinatoria, a pesar de su utilidad, no son empleados con detalle en el aula, por lo que los estudiantes que desean participar en estas convocatorias deben buscar los medios y el apoyo para prepararse y aprender a resolver problemas de ese tipo. Por ello, el REA que se propone en este trabajo pretende ser un medio a través del cual el estudiantado aprenda los principios básicos de la combinatoria, de forma que pueda identificarlos, distinguirlos entre sí y, haciendo uso de estos, pueda ser capaz de resolver problemas en los que se apliquen dichos principios.

En este trabajo se da cuenta de cómo se ha estructurado un REA y la línea metodológica en la que se sustenta esta estructura. Además, se presentan detalles de su diseño y la forma en la que fue desarrollado. Finalmente, se

muestran resultados de su implementación y evaluación en el aula, así como de la validación entre pares que se hizo del recurso.

Construcción del REA

Análisis

Este REA está dirigido, principalmente, a estudiantes de Educación Secundaria y Bachillerato que deseen incursionar en los principios de combinatoria como parte del entrenamiento para su participación en concursos de matemáticas olímpicas, o simplemente como parte de su aprendizaje para sus estudios superiores.

Para aprovechar de mejor manera la instrucción que proporciona el REA, es conveniente que el estudiante posea un dominio sobre las operaciones aritméticas básicas, especialmente la multiplicación y la división. Además, es recomendable que esté familiarizado con el tipo de problemas de olimpiada de matemáticas y el método de resolución de problemas.

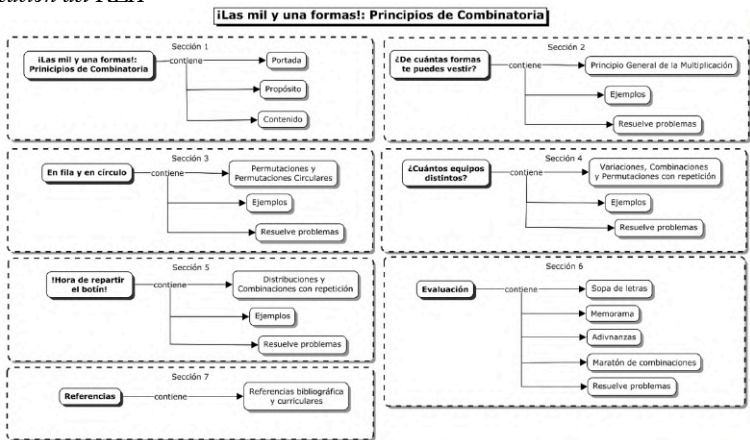
Los contenidos considerados para ser estudiados en este REA son:

- Principio General de la Multiplicación
- Permutaciones
- Permutaciones Circulares
- Variaciones
- Combinaciones
- Permutaciones con repetición
- Distribuciones
- Combinaciones con repetición

Estos contenidos están distribuidos en siete secciones, como se muestra en el esquema de la Figura 1

Tabla 1

Planeación del REA



Nota: Elaboración propia

La primera sección del REA dispone de la portada, el propósito y el contenido. Cada sección de la segunda a la quinta contiene tres apartados. El primero de ellos busca establecer el principio a estudiar, sus características y la forma en que éstas permiten aplicarlo. El segundo apartado contiene ejemplos de solución de problemas, para los cuales es conveniente que, en el caso de la instrucción, el docente profundice sobre las características del problema que permiten relacionarlo con los principios presentados en el primer apartado, las similitudes que la situación del problema guarda con el principio y la forma en la que éstas permiten aplicarlo; en otras palabras, estos ejemplos pretenden que se promueva el análisis de las situaciones y las configuraciones de los elementos. El tercer apartado propone problemas que se recomienda sean solucionados en equipos de trabajo, para que después se discutan estas soluciones con el resto del grupo y el docente. Se contemplan problemas tanto de respuesta abierta como de opción múltiple.

Como sexta sección se incluye una evaluación que contiene cuatro juegos distintos, estos buscan resaltar las características de los principios estudiados en las secciones anteriores, así como las fórmulas utilizadas para aplicar cada uno: sopa de letras, memorama, adivinanzas y maratón. Esta sección cierra con un conjunto de problemas variados para poner a prueba lo aprendido, así como una rúbrica de autoevaluación sobre el desempeño, de acuerdo con el método de Resolución de Problemas (Rodríguez, 2015; Polya, 1945). Por último, en el REA se dedica una sección a las referencias bibliográficas.

El REA está diseñado en un entorno basado en el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), que tiene el propósito de crear un acceso universal a los contenidos propuestos por los planes y programas para la totalidad de los estudiantes, incluidos los que tienen discapacidades (Rose & Meyer, 2006). Las actividades fueron creadas considerando que el REA pudiera implementarse en un grupo que cuente con la intervención del docente, pero también es posible que un estudiante lo utilice de manera autónoma. Para su implementación en un grupo es conveniente que los estudiantes formen equipos de trabajo (de 2 a 6 integrantes) para que puedan analizar, discutir y resolver los problemas propuestos al final de cada sección de manera colaborativa.

Diseño

El recurso presentado en este documento se diseñó con base en el método de la Resolución de Problemas.

La Resolución de Problemas tiene origen en las ideas de Polya (1945), que con el tiempo fueron enriqueciéndose con las aportaciones de otros autores, como Schoenfeld, González, Koichu, Berman y Moore, por mencionar algunos.

El enfoque de este método está en que el estudiante se convierta en un buen resolutor de problemas. De acuerdo con Rodríguez (2015), esto significa

“resaltar el interés en que adquieran herramientas y construyan estrategias para abordar problemas, a la vez que el foco no está puesto en la enseñanza de un contenido matemático específico” (p. 154). De esta manera, el docente impulsa al estudiante a comportarse como un matemático que analiza y explora las situaciones, propone ideas, las pone a prueba, verifica sus avances, entre otras acciones. Los problemas a los que se trata de dar solución con este método tienen en común algunas características básicas, como la existencia de un resolutor del problema, un punto de partida, un objetivo y una resistencia que impide al resolutor alcanzar el objetivo de manera inmediata (Rodríguez, 2015). Así, lo que puede ser un problema para un estudiante podría no representarlo para otro.

Por otra parte, respecto a las características anteriores, Rodríguez (2015) y Gómez (2005) coinciden en que es posible añadir algunas otras que ofrezcan mejores condiciones para el éxito de este método:

- La motivación: que el problema resulte motivante para el estudiante, de tal forma que esté interesado en encontrar su solución
- La relevancia: que el estudiante logre identificar la importancia del problema para su aprendizaje.
- La cobertura: que el problema guíe al estudiante a desarrollar y utilizar las herramientas matemáticas necesarias para dar solución al mismo.
- La complejidad: que el problema represente un desafío para el resolutor, que tenga más de una forma de resolverse, y que en él puedan confluir varias áreas del conocimiento para su solución.

Se han descrito distintos métodos a seguir para dar solución a un problema (Gómez, 2005): el de los nueve, el de los ocho, el de los siete y el de los cinco pasos. Para el trabajo en el aula con este recurso se toma la perspectiva de los cuatro pasos descritos por Polya (1945), que consta de: 1) comprender el problema, 2) concebir un plan, 3) ejecutar el plan y 4) Verificar la solución.

Los cuatro pasos pueden sintetizarse a través de las preguntas que permiten comprender el contenido de cada uno de ellos, como se muestra en la Tabla 1.

Distintos autores sugieren varias formas de desarrollar el trabajo en el aula. Por ejemplo, Rodríguez (2015) recomienda que el trabajo se lleve a cabo de manera individual, pero no descarta el trabajo en grupos una vez que todos hayan hecho un esfuerzo personal por elaborar algunas primeras producciones que lo lleven a la solución. Esto es similar a la manera como Gómez (2005) sugiere que los estudiantes lleven a cabo su trabajo, para que colaboren con el fin de dar la solución a un problema.

Con respecto a la evaluación de los aprendizajes, es necesario que los criterios utilizados logren tener coherencia con los objetivos de aprendizaje y la modalidad del trabajo en el aula. Los objetivos de aprendizaje pueden

plantearse con respecto a las heurísticas y el proceso en la solución de problemas o con contenidos de carácter más conceptual (Rodríguez, 2015).

Tabla 1

Etapas de la solución de un problema

Etapa	Preguntas
Comprender el problema	¿Cuál es la incógnita?, ¿cuáles son los datos?, ¿cuál es la condición?, ¿es la condición suficiente / insuficiente / redundante / contradictoria para determinar la incógnita?
Concebir un plan	¿Es semejante a un problema conocido?, ¿ha visto el mismo problema planteado en forma ligeramente diferente?, ¿conoce algún teorema que le pueda ser útil?, ¿le haría a usted falta introducir algún elemento auxiliar?, ¿podría imaginarse un problema análogo más simple / general / particular?, ¿puede resolver una parte del problema?, etc.
Ejecutar el plan	¿Puede comprobar cada uno de los pasos al ejecutar su plan de la solución?, ¿puede usted ver claramente que el paso es correcto?, ¿puede usted demostrarlo?
Examinar la solución obtenida	¿Puede usted verificar el resultado?, ¿puede verificar el razonamiento?, ¿puede obtener el resultado en forma diferente?, ¿puede verlo de golpe?, ¿puede usted emplear el resultado o el método en algún otro problema?

Nota: Obtenido de Rodríguez (2015, p. 160)

Tomando como referencia el método de la Resolución de Problemas que se describió, es pertinente definir los objetivos de aprendizaje que persigue el REA, los cuales son:

- Distinguir entre los distintos principios de combinatoria que se incluyen en él.
- Utilizar los principios de combinatoria para resolver problemas de esta área para competencias de olimpiada de matemáticas.

Cada sección tiene el propósito específico de analizar los principios propios a los que se dedica la sección y las situaciones que caracterizan y posibilitan su empleo para, en última instancia, resolver problemas que los involucren.

La modalidad de trabajo en el aula para el que fue diseñado el REA es el trabajo en equipos, cuyo número de integrantes puede variar, aunque no se descarta el trabajo individual tanto en el aula como para quienes puedan tener acceso e interés por trabajar con el REA de manera autónoma.

Como se describió en el apartado 2.1, cada sección del REA comienza con el planteamiento de problemas que permiten establecer de forma sencilla el principio que se desea estudiar; cada uno está acompañado de la solución, utilizando el principio en cuestión. Es conveniente que los estudiantes intenten resolver la problemática presentada con los conocimientos que disponen al interior de los equipos, para que después puedan compartir sus ideas con el grupo y, finalmente, puedan discutir y establecer el nuevo principio que introduzca herramientas de solución de ese tipo de problemas.

Cabe resaltar la importancia de la intervención del docente para ayudar a identificar las características que comparten los problemas en los que puede aplicarse cada principio.

La secuencia de actividades del REA continúa con otros ejemplos de problemas en los que puede aplicarse el principio en estudio. Estos se acompañan de sus soluciones y se propone que los estudiantes las analicen y describan, de forma que puedan justificar el uso del principio a través de las características del problema.

Finalmente, las secciones del REA poseen un grupo de problemas en los que puede emplearse el principio estudiado para solucionarlo. Es aquí donde el trabajo del estudiante cobra la mayor relevancia, pues cada uno deberá, trabajando en equipo, seguir los pasos del método para encontrar la solución de cada problema y exponer sus producciones al resto del grupo.

El papel del docente es encausar el trabajo para encontrar la solución a los problemas, ayudando a los estudiantes en una medida razonable, no obstructiva y natural, presentándoles el camino a través de preguntas y recomendaciones que les permitan alcanzar la solución cuando se encuentren estancados (Polya, 1945). El contenido de cada una de las secciones del REA se resume en la Tabla 2.

Tabla 2

Contenido de las secciones del REA

Sección	Contenido	Tiempo (Minutos)
¿De cuántas formas te puedes vestir?	Enunciado del <i>Principio General de la Multiplicación</i> y su comparación con otros métodos de conteo, como el diagrama de árbol o la elaboración de listas.	90
En fila y en círculo	<i>Permutaciones</i> y <i>Permutaciones Circulares</i> como formas de organizar un conjunto de objetos distintos en una fila o alrededor de un círculo.	90
¿Cuántos equipos distintos?	<i>Combinaciones</i> como selecciones no ordenadas de un conjunto, <i>Variaciones</i> como selecciones ordenadas de un conjunto y <i>Permutaciones con Repetición</i> como organizaciones de un conjunto que contiene objetos repetidos.	270
¡Hora de repartir el botín!	<i>Distribuciones</i> como formas de repartir objetos iguales en contenedores distintos y <i>Combinaciones con Repetición</i> como selecciones no ordenadas de un conjunto que contiene objetos repetidos.	180
Evaluación	<i>Sopa de letras</i> : Encontrar el nombre del principio a partir de la definición. <i>Memorama</i> : Asociar el nombre del principio a la fórmula que se utiliza para emplearlo. <i>Adivina</i> : Asociar el nombre del principio a su descripción y a la fórmula que se utiliza para emplearlo. <i>Maratón de combinaciones</i> : Juego de preguntas y respuestas en equipo, con problemas de solución rápida y definiciones. <i>Resuelve problemas</i> : Resolver problemas que requieren el uso de los principios estudiados y autoevaluar con rúbrica.	90

Nota: Elaboración propia.

Desarrollo

El REA, cuya portada se muestra en la Figura 2, fue desarrollado y empaquetado haciendo uso de la plataforma eXelearning, en un entorno guiado por los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA): Representación, Acción y Expresión e Implicación. Las características de estos principios se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3
Principios del DUA

Principio	Características
Representación	Referente al QUÉ se aprende, involucra la percepción y la forma en la que son presentados los elementos del recurso, el lenguaje, los símbolos y la comprensión del contenido. • Presentación con flexibilidad del formato (texto, imágenes, gráficos, tablas o cualquier otro contenido visual) • Adaptabilidad de la velocidad de sincronización del video, animaciones, sonidos, simulaciones.
Acción y Expresión	Referente al CÓMO se aprende, involucra las acciones físicas de los estudiantes, las formas de expresar o comunicar sus ideas y las funciones ejecutivas de las actividades. • Permite componer o redactar en distintos formatos (texto, voz, etc.) • Involucra medios sociales y web interactivos • Ofrece la posibilidad de resolver problemas de formas distintas
Implicación	Referente al POR QUÉ del aprendizaje, pretende captar el interés, mantener el esfuerzo y la persistencia, promover la autorregulación. • Crear grupos de colaboración con roles establecidos • Fomentar la colaboración entre iguales. • Crear objetivos comunes de trabajo y aprendizaje.

Nota: Adaptado de Orozco Rodríguez (2024).

Figura 2
Portada del REA



Nota. Enlace del REA: https://depmate.cucei.udg.mx/REA_Principios_de_Combinatoria

Con respecto al principio de representación, la plataforma eXelearning ofrece un estilo de diseño DUA que contempla el contraste de los colores, el tamaño de la letra y las disposiciones generales para poder atender correctamente a sus otros dos principios. El uso de este estilo de diseño permite agregar contenido DUA que puede ser de tipo implicación,

comprensión o expresión, con colores distintos, con diferentes personajes y opciones para agregar apoyos visuales, de audio o de lectura.

Por estas razones fueron seleccionados distintos problemas y ejemplos que permitan variados caminos de solución, la mayoría de ellos tomados o inspirados en los presentados por Becker et al. (1996) en su libro *Notas de Combinatoria*. Además, se diseñaron las actividades de la sección de evaluación, que proporcionan una forma alternativa a la solución de problemas para incentivar la participación del estudiante y valorar su aprendizaje en torno a la distinción de los principios estudiados en el REA.

En la Figura 3 se muestra un ejemplo de la forma en la que se presentan las situaciones que dan lugar a los principios que se estudian, en este caso, se observa el problema propuesto para establecer el principio de las Combinaciones con Repetición.

Figura 3

Introducción a la sección ¡Hora de repartir el botín!

The screenshot shows a web interface titled "Principios de Combinatoria". On the left is a sidebar menu with options: "Las mil y una formas: Principios de Combinatoria", "¿De cuántas formas te puedes vestir?", "En fila y en círculo", "¿Cuántos equipos distintos?", "¡Hora de repartir el botín!", "Ejemplos", "Resuelve problemas", "Evaluación", and "Referencias". The main content area is titled "¡Hora de repartir el botín!" and contains a section "Repartir pesos" and "Escoger de grupos". The "Escoger de grupos" section contains the following text:

En el salón de mi prima hay niños y niñas, si elijo 4 personas para hacer un equipo ¿de cuántas formas diferentes puede quedar la distribución de las personas por sexo?

Podrías pensar que son muy pocas, pero al hacer la lista quizá encuentres más de las que esperabas. Tenemos dos clases de personas, niños y niñas, debemos elegir ordenadamente dos números no negativos cuya suma sea 4. Al hacer la anterior, verás que representa lo mismo que repartir las cuatro personas entre los dos sexos, es decir, cuatro objetos iguales en dos cajas diferentes; esto es idéntico a hacer las distribuciones D_2^4 .

Cuando tengamos que elegir k objetos de un conjunto que tiene n clases distintas de ellos, los de cada clase idénticos entre sí, y suponiendo que hay al menos k objetos de cada clase, diremos que necesitamos calcular las combinaciones con repetición y para hacerlo usaremos la fórmula $CR_n^k = D_n^{k+n-1} = C_n^{k+n-1}$.

Los problemas ejemplo del REA buscan que se identifiquen las características que comparten entre ellos para poder aplicar el principio de combinatoria propuesto al inicio de la sección, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Problemas ejemplo para las Distribuciones y Combinaciones con Repetición

The screenshot shows the same web interface as Figure 3, but with the "Ejemplos" section selected in the sidebar. The main content area is titled "Ejemplos" and contains a section "Llevar costales". The "Llevar costales" section contains the following text:

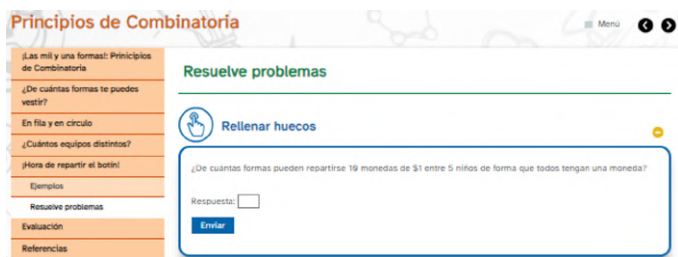
Un montacargas que lleva 12 bultos de cemento iguales ascenderá 5 pisos. ¿De cuántas maneras podrán ser descargados los bultos?

Notemos que el problema se trata de REPARTIR los 12 bultos de cemento iguales en 5 pisos distintos, lo que equivale a hacer las distribuciones $D_5^{12} = C_{12+5-1}^{12} = C_{16}^{12} = \frac{16!}{12!4!} = 1\ 820$.

Las secciones Resuelve problemas del REA, ofrecen a los estudiantes la posibilidad de aplicar los principios estudiados antes, como lo muestra el ejemplo de la Figura 5.

Figura 5

Problemas propuestos para las Distribuciones y Combinaciones con Repetición



En las secciones del REA, los estudiantes tienen acceso a distintos apoyos alternativos, como documentos adicionales, videos de terceros en la plataforma YouTube, distintas formas de responder los problemas (opción múltiple, respuesta abierta).

Así mismo, se involucra a los estudiantes en el trabajo colaborativo, permitiéndoles expresar sus ideas y soluciones a los problemas, de manera que logren exponerse distintas formas de alcanzar la solución de un mismo problema. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de las actividades de evaluación, en este caso, la denominada Maratón de Combinaciones.

Figura 6

Actividad de evaluación Maratón de Combinaciones



Implementación

El REA descrito en este documento fue implementado en un grupo de 24 estudiantes con un rango de edad de entre 12 y 15 años, quienes forman parte de un taller de olimpiada de matemáticas de los tres grados de una escuela secundaria de Zapotlán el Grande, Jalisco.

Se conformaron equipos de cuatro personas que trabajaron en el REA durante un lapso de una semana, en 3 sesiones de 90 minutos cada una. Los estudiantes ya habían recibido instrucción previa con respecto a los principios de combinatoria descritos en el contenido tratado en el REA, lo que hizo que el desarrollo fuese más fluido, y por lo que el trabajo con el REA requirió menos tiempo del sugerido en la Tabla 2.

Esta instrucción previa permitió a los estudiantes comprender mejor la redacción de los problemas y encontrar sus soluciones más rápidamente, puesto que ya tenían conocimiento del uso de las fórmulas involucradas y de los significados de los principios. A su vez, esto dio oportunidad de enriquecer las discusiones en relación con la validez y equivalencia de distintos procedimientos.

Por lo anterior, se considera un tiempo más amplio para el desarrollo de las actividades destinado a quienes deseen estudiar principios de Combinatoria con este recurso y no necesariamente hayan tenido una instrucción previa al respecto.

Evaluación

La implementación del REA tuvo el propósito de validar el recurso, su extensión, la duración de las sesiones y la pertinencia de los problemas. En las notas de campo de la implementación se observó la motivación de los estudiantes, quienes lo consideraron de fácil acceso, pero retador en el contenido.

De acuerdo con lo descrito en las notas de campo, los estudiantes lograron llevar a cabo cada uno de los cuatro pasos para la solución de problemas, comprendieron las situaciones y determinaron las características que les permitieron usar algunos u otros principios, expusieron sus ideas para la solución y las ejecutaron de acuerdo con su propia construcción, de manera que se ofrecieron distintos puntos de vista para resolver cada uno de los problemas. En ocasiones fue posible encontrar relaciones entre los principios de combinatoria, de manera que pudiera solucionarse un problema utilizando más de un principio o buscando una alternativa al principio más evidente de solución. De esta manera se generaron interesantes discusiones sobre la aplicabilidad de un principio u otro y sus diferencias, de forma que pudieron verificarse las soluciones propuestas por distintos medios.

Los estudiantes se autoevaluaron de manera positiva con respecto a sus procesos y métodos de solución de problemas, las actividades de evaluación resultaron las más emocionantes para ellos dentro del REA, pues a través del juego y competencia se mantuvieron motivados para participar.

La implementación permitió observar algunas áreas de oportunidad dentro del REA que debían corregirse, tales como errores ortográficos o el ajuste del tiempo que se había dejado por defecto en la programación de los

juegos del REA, aumentándolo para contestar algunos ejercicios o disminuyéndolo para otros.

Evaluación por pares

Una primera versión del REA fue sometida a una evaluación entre pares antes de su implementación, la cual empleó una rúbrica para evaluar el cumplimiento de 13 criterios subdivididos en 48 rasgos a observar.

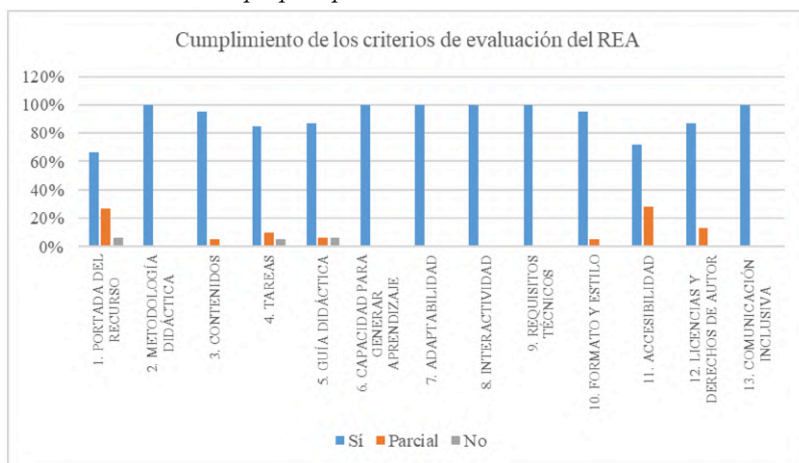
De cada uno de los criterios se evaluó el cumplimiento (sí o no) de rasgos específicos en el REA. El resultado de esta evaluación entre pares permitió la corrección de aquellos criterios en los que el recurso tuviese que mejorar.

Por ejemplo, en el criterio Tareas se revisó la inclusión de tareas iniciales motivadoras, la incorporación de tareas individuales y grupales, la claridad de sus instrucciones y la especificidad de los criterios de evaluación en las tareas evaluables.

A continuación, en la Figura 7 se presenta el gráfico de la evaluación recibida por pares para el REA; se evaluaron 13 criterios y se muestra el porcentaje de cumplimiento de cada uno.

Figura 7

Resultados de la evaluación por pares para los criterios del REA



A partir de las observaciones recibidas desde la evaluación del recurso, se buscó un título y una portada más llamativa, se incorporaron tareas grupales y se mejoraron los accesos y referencias con respecto al área de Licencias y Derechos de Autor.

Resultados de la experiencia docente

La implementación del REA permitió a los estudiantes identificar de forma eficiente cada uno de los principios de combinatoria estudiados, describir

las características que los diferencian entre sí, así como utilizar estos principios para resolver problemas de olimpiada de matemáticas.

Para quienes deseen implementar este REA, se sugiere que se muestre a los estudiantes solamente el enunciado del problema y no la solución completa, a fin de que ellos puedan elaborar alguna propia. Además, se recomienda que se otorgue a los estudiantes el tiempo suficiente para trabajar de manera individual y al interior de los grupos para que después se ceda la palabra a algunos de los integrantes de los equipos para que puedan exponer al resto sus hallazgos.

Es importante que después de haber trabajado al interior de los equipos se discutan las diferencias en la forma de plantear los problemas por parte de cada equipo y evalúen la pertinencia de cada una de esas formas y su posible equivalencia.

Conclusiones

A partir de las observaciones realizadas durante la implementación del REA, es posible concluir que su uso permitió a los estudiantes identificar y distinguir entre los distintos principios de Combinatoria contenidos en él, así como dar solución a problemas que involucran el uso de estos principios.

Este REA se presenta a los estudiantes como un medio para estudiar los principios básicos de combinatoria y prepararse para competir en olimpiadas de matemáticas. Para los profesores, es un recurso que puede implementarse en el aula para el estudio y aprendizaje de estos principios.

Referencias

- Becker, M., Pietrolcola, N., & Sánchez, C. (1996). *Notas de Combinatoria*. Red Olímpica.
- Gómez, B. (2005). Aprendizaje Basado en Problemas: una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. *Educación y Educadores*, 8, 9–20.
- Orozco Rodríguez, C. M. (2024). *Recursos Educativos en Abierto para la Calidad Formativa*. <https://bit.ly/43cV4yB>
- Polya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton University Press.
- Rodríguez, M. (2015). Resolución de problemas. En M. Pochulu, & M. Rodríguez (Eds.), *Educación Matemática* (pp. 153–174). Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Rose, D. H., & Meyer, A. (2006). *A practical reader in universal design for learning*. Harvard Education Press.
- Rubio, C. (2008) *Problemas para la 22ª Olimpiada Mexicana de Matemáticas*. UNAM
- Secretaría de Educación Pública. (2022). *Plan de estudio para la educación básica 2022*. SEP.

