Open Minds
International Journal
ISSN 2675-5157 vol. 2, n.9, 2026
ARTICLE 4
Acceptance date: 29/04/2026

R PROJECT COMO HERRAMIENTA PARA EL REFORZAMIENTO DE LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS DISCRETAS

Ana Laura Fernández Mena
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Villahermosa
ORCID: 0009-0001-8315-1781

Loyda Sánchez Marín
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Villahermosa
Villahermosa, Tabasco, México
ORCID: 0009-0007-2215-8940

Francisco Alberto Hernández de la Rosa
Universidad Juarez Autónoma de Tabasco/DACB
Villahermosa, Tabasco, México
ORCID: 0009-0007-7516-4973

María Teresa Fernández Mena
Universidad Juarez Autónoma de Tabasco/DACYTI
Villahermosa, Tabasco, México
ORCID: 0009-0009-0279-539X

Valeria Itzel Martínez Cruz
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Villahermosa
Villahermosa, Tabasco, México
ORCID: 0009-0007-8394-6916

Resumen: El presente trabajo plantea a R Project como una herramienta didáctica para el reforzamiento de la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura Matemáticas Discretas en programas de ingeniería. A diferencia de un uso limitado del software como apoyo para cálculos aislados, aquí se propone una integración didáctica que vincula el temario oficial del Tecnológico Nacional de México con actividades de exploración, verificación, visualización y resolución de problemas en R. El artículo retoma la lógica de una propuesta metodológica, pero la adapta a un enfoque de innovación educativa centrado en toda la asignatura: sistemas numéricos, conjuntos y relaciones, lógica matemática, álgebra booleana, teoría de grafos y árboles y redes. Se argumenta que R Project puede convertirse en un recurso útil para hacer visibles procesos abstractos, reforzar el razonamiento paso a paso, comprobar resultados y promover un aprendizaje más activo. Como parte del desarrollo se incorporan ejercicios ilustrativos y fragmentos de código en R para mostrar de manera concreta cómo esta herramienta puede emplearse dentro de la clase sin sustituir la argumentación matemática formal. Se concluye que el valor pedagógico de R Project no radica solo en automatizar procedimientos, sino en facilitar experiencias de aprendizaje donde el estudiante analiza, contrasta, representa y valida ideas propias de las matemáticas discretas.

Palabras-clave: R Project, matemáticas discretas, innovación educativa, enseñanza, aprendizaje, ingeniería.

1. INTRODUCCIÓN

Matemáticas Discretas es una asignatura clave en la formación de estudiantes de Ingeniería Informática e Ingeniería en Sistemas Computacionales porque aporta bases lógico-matemáticas necesarias para comprender estructuras, relaciones y modelos que después se aplican en distintas áreas de las ciencias computacionales. En la literatura especializada se reconoce que la matemática discreta ocupa un lugar relevante por su relación con el razonamiento, la modelación, los algoritmos y la resolución de problemas propios de contextos contemporáneos de formación matemática y computacional (Ouvrier-Buffet, 2020; Sandefur et al., 2022; Gravemeijer et al., 2017).

Una de las principales dificultades de su enseñanza es que gran parte de sus contenidos se perciben como abstractos. Conceptos como relaciones de equivalencia, tablas de verdad, optimización de expresiones booleanas, caminos mínimos o árboles con peso suelen ser comprensibles en teoría, pero no siempre se vuelven significativos para el estudiante cuando se presentan solo de manera expositiva o mediante ejercicios cerrados. Esto genera que algunos procedimientos se memoricen sin llegar a comprenderse con suficiente profundidad, especialmente cuando el alumnado no logra coordinar registros simbólicos, tabulares y gráficos en una misma idea matemática (Duval, 2006; Sandefur et al., 2022).

En ese escenario, el uso de herramientas digitales puede convertirse en un apoyo importante siempre que no desplace el razonamiento matemático, sino que lo fortalezca. Desde esta perspectiva, R Project puede utilizarse como una herramienta didáctica para experimentar con ejemplos, validar procedimientos, representar estructuras y comparar resultados. Su ventaja no consiste únicamente en calcular más rápido, sino en permitir que el estudiante vea qué ocurre cuando modifica datos, conjuntos, proposiciones o grafos, y cómo esas modificaciones afectan la solución del problema, algo coherente con la discusión actual sobre tecnología en educación matemática (Bescherer, 2020; Clark-Wilson, 2020; Weigand et al., 2024).

El objetivo de este artículo es proponer a R Project como herramienta en el reforzamiento de la enseñanza de las Matemáticas Discretas mediante una estrategia de innovación educativa aplicable a toda la asignatura. Para ello, se conserva la lógica de un artículo académico con fundamento metodológico, pero se adapta el contenido a una propuesta orientada a la práctica docente, incorporando ejercicios ilustrativos y código en R para varias unidades del temario. La intención es que el uso de la herramienta se articule con principios de aprendizaje activo y con tareas donde el estudiante no solo ejecute procedimientos, sino que también interprete y contraste resultados (Prince, 2004; Freeman et al., 2014).

2. FUNDAMENTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA

La innovación educativa que aquí se propone no se reduce a introducir software en el aula. El cambio real está en la manera en que se organiza la experiencia de aprendizaje. R Project se plantea como un medio para que el estudiante explore, verifique y represente conceptos discretos que normalmente se trabajan de forma simbólica y manual. Esto no elimina los procedimientos tradicionales; por el contrario, los complementa y los vuelve más visibles dentro de una lógica centrada en el aprendizaje y no únicamente en la exposición del profesor (Barr & Tagg, 1995; Prince, 2004).

Desde un enfoque didáctico, el valor de R Project está en tres aportes principales. El primero es la exploración guiada: el estudiante puede probar ejemplos propios, modificar entradas y observar resultados sin depender exclusivamente de ejercicios prediseñados. El segundo es la verificación: una vez que se resuelve un problema por procedimiento manual, R permite revisar si el resultado es consistente. El tercero es la representación: en temas como grafos, árboles y relaciones, el apoyo visual favorece una comprensión más clara de las estructuras estudiadas, especialmente cuando la tecnología se usa para retroalimentar y hacer visibles procesos matemáticos (Wang, 2011; Weigand et al., 2024).

Esta propuesta también se alinea con la intención didáctica del programa oficial, que sugiere un abordaje secuencial y aplicado del conocimiento, así como el uso de herramientas tradicionales y digitales para interesar al estudiante en el tema. En este sentido, R Project no se presenta como contenido adicional, sino como recurso articulado con las competencias de la asignatura y con el desarrollo del pensamiento lógico-computacional, en consonancia con la investigación sobre enseñanza de matemáticas con tecnología y sobre innovación en cursos de matemática discreta (Bescherer, 2020; Thurm & Barzel, 2022; Fulton et al., 2022).

DOI https://doi.org/10.22533/at.ed.5157292617044

Unidad del temario	Aprendizaje a reforzar	Uso de R Project	Producto o evidencia
Sistemas numéricos	Comprender conversiones y operaciones entre bases	Funciones, validación de resultados y generación de casos	Script con conversiones y comprobación
Conjuntos y relaciones	Aplicar unión, intersección, diferencia y producto cartesiano	Uso de vectores, operaciones y matrices de relación	Ejercicio resuelto y explicación de propiedades
Lógica matemática	Construir tablas de verdad y analizar inferencias	Evaluación de proposiciones y automatización de combinaciones	Tabla de verdad comentada
Álgebra booleana	Reconocer equivalencias y simplificaciones	Comparación entre expresiones lógicas y salidas binarias	Validación de simplificación
Teoría de grafos	Representar grafos y analizar caminos o recorridos	Visualización y cálculo con grafos	Gráfico y análisis del recorrido
Árboles y redes	Identificar estructuras jerárquicas y pesos	Construcción y recorrido de árboles, redes básicas	Representación y conclusión corta

Tabla 1. Vinculación entre las unidades del temario y los posibles usos didácticos de R Project.

3. VINCULACIÓN DE R PROJECT CON EL TEMARIO DE MATEMÁTICAS DISCRETAS

La integración de R Project en la asignatura debe responder al sentido formativo de cada unidad. No todos los temas requieren el mismo tipo de uso, pero en todos puede existir una actividad breve que fortalezca la comprensión, la validación de resultados o la representación de estructuras. La Tabla 1 resume una propuesta de articulación didáctica para el curso completo, considerando que la enseñanza de las matemáticas discretas demanda formas variadas de razonamiento y de mediación didáctica (Ouvrier-Buffet, 2020; Sandefur et al., 2022).

4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DIDÁCTICA

La propuesta de implementación se organiza en cuatro momentos. En el primero, el docente presenta el concepto matemático por la vía habitual: definiciones, propiedades, ejemplos resueltos y argumentación formal. En el segundo, se traslada el concepto a una situación exploratoria en R para que el estudiante observe su comportamiento con distintos casos. En el tercero, se resuelve un ejercicio por procedimiento manual y se valida el resultado con código. En el cuarto, se plantea una tarea breve donde el estudiante debe modificar datos, comparar resultados y explicar qué cambia y por qué cambia. Esta secuencia busca sostener un enfoque activo y de contraste entre razonamiento matemático y comprobación computacional (Prince, 2004; Freeman et al., 2014).

Con este esquema, R Project funciona como herramienta de aprendizaje activo. El estudiante no se limita a copiar comandos, sino que analiza resultados, identifica patrones, detecta errores y justifica conclusiones. Además, el uso de scripts sencillos favorece la reproducibilidad del trabajo, ya que un ejercicio puede guardarse, corregirse y retomarse en clases posteriores, lo cual fortalece procesos de seguimiento y retroalimentación (Barr & Tagg, 1995; Xie, 2017).

Otro aspecto importante es que la complejidad del código debe mantenerse acorde con el nivel del curso. En Matemáticas Discretas, el propósito no es convertir la asignatura en un curso de programación avanzada, sino usar instrucciones claras y cortas que ayuden a pensar matemáticamente. Por ello, los ejemplos que se presentan a continuación privilegian la claridad didáctica sobre la sofisticación técnica y se apoyan en una lógica de materiales reproducibles y comprensibles para el estudiante (Wickham, 2007; Xie, 2013; Xie, 2017).

5. EJERCICIOS ILUSTRATIVOS Y CÓDIGO EN R

5.1 Sistemas numéricos

Ejercicio ilustrativo. Convertir el número decimal 45 a binario y hexadecimal, y comprobar en R que ambas representaciones corresponden al mismo valor. Después, pedir al estudiante que repita el procedimiento con otros tres números para identificar regularidades.

```
# Conversión de decimal a binario
n <- 45
binario <- intToBits(n)[1:8]
binario <- paste(rev(as.integer(binario)), collapse = "")
binario

# Conversión a hexadecimal
hexadecimal <- toupper(as.hexmode(n))
hexadecimal

# Verificación rápida
strtoi(hexadecimal, base = 16)
```

Este ejercicio ayuda a que el estudiante observe que la conversión entre bases no es un procedimiento aislado, sino una transformación que puede comprobarse desde diferentes representaciones. R también permite generar más casos sin rehacer todo manualmente desde cero, lo que favorece la exploración sistemática y la verificación inmediata de resultados (Weigand et al., 2024; Wang, 2011).

5.2 Conjuntos y relaciones

Ejercicio ilustrativo. Sean A = {1,2,3,4} y B = {3,4,5,6}. Calcular unión, intersección y diferencia. Después, construir el producto cartesiano A x B y comentar por qué el número de pares ordenados coincide con el producto de las cardinalidades.

```
A <- c(1,2,3,4)
B <- c(3,4,5,6)

union(A, B)
intersect(A, B)
setdiff(A, B)

producto_cartesiano <- expand.grid(A = A, B = B)
producto_cartesiano
nrow(producto_cartesiano)
```

Aquí R permite reforzar propiedades básicas de los conjuntos con resultados inmediatos. El valor didáctico aparece cuando el estudiante interpreta la salida y no solo cuando la ejecuta, ya que la comprensión de representaciones y relaciones entre objetos matemáticos es parte central del aprendizaje con tecnología en matemáticas (Duval, 2006; Clark-Wilson, 2020).

5.3 Lógica matemática

Ejercicio ilustrativo. Construir la tabla de verdad de la proposición y pedir al estudiante que determine si se trata de una tautología, contradicción o contingencia. Luego comparar su respuesta manual con la obtenida en R.

```
p <- c(TRUE, TRUE, FALSE, FALSE)
q <- c(TRUE, FALSE, TRUE, FALSE)

conjuncion <- p & q
implicacion <- (!conjuncion) | p

tabla <- data.frame(p, q, conjuncion, implicacion)
tabla
```

La ventaja del código es que muestra todas las combinaciones de manera ordenada y hace visible la relación entre conectivos. Esto facilita discutir por qué ciertas expresiones siempre resultan verdaderas o falsas y apoya la transición entre formas de representación de una misma idea lógica (Duval, 2006; Bescherer, 2020).

5.4 Álgebra booleana

Ejercicio ilustrativo. Verificar si las expresiones y p son equivalentes. El objetivo no es reemplazar la demostración algebraica, sino reforzarla mediante una comprobación sistemática de casos.

```
p <- c(TRUE, TRUE, FALSE, FALSE)
q <- c(TRUE, FALSE, TRUE, FALSE)

expr1 <- p | (p & q)
expr2 <- p

data.frame(p, q, expr1, expr2, equivalentes = expr1 == expr2)
all(expr1 == expr2)
```

Con esta actividad, el estudiante ve que la ley de absorción no es solo una regla memorizada. Puede revisar fila por fila y entender por qué ambas expresiones producen la misma salida, algo especialmente valioso en contenidos discretos donde la verificación caso por caso puede reforzar la comprensión conceptual (Sandefur et al., 2022; Ouvrier-Buffet, 2020).

5.5 Teoría de grafos

Ejercicio ilustrativo. Representar un grafo sencillo con cinco nodos y seis aristas. Posteriormente, identificar visualmente si existe un camino entre dos vértices y discutir qué cambia cuando se elimina una arista clave.

```
# Instalar una vez si es necesario:
# install.packages("igraph")

library(igraph)

g <- graph_from_edgelist(matrix(c(
  "A","B",
  "A","C",
  "B","D",
  "C","D",
  "C","E",
  "D","E"
), byrow = TRUE, ncol = 2), directed = FALSE)

plot(g)
distances(g, v = "A", to = "E")
```

En esta unidad el apoyo visual es especialmente valioso. El estudiante puede observar la estructura, interpretar conexiones y relacionar el gráfico con los conceptos formales vistos en clase. Este tipo de articulación entre grafos, modelación y visualización ha sido señalado como una oportunidad importante para la enseñanza contemporánea de contenidos discretos (Fulton et al., 2022; Greefrath et al., 2022).

5.6 Árboles y redes

Ejercicio ilustrativo. Construir un árbol simple, identificar su raíz, hojas y niveles, y después modificar una conexión para discutir por qué deja de cumplir la condición de árbol. Con ello se favorece la comprensión estructural más allá de la definición.

```
library(igraph)

arbol <- graph_from_edgelist(matrix(c(
  "R","A",
  "R","B",
  "A","C",
  "A","D",
  "B","E"
), byrow = TRUE, ncol = 2), directed = TRUE)

plot(arbol)
degree(arbol, mode = "out")
degree(arbol, mode = "in")
```

Este tipo de ejercicio permite distinguir entre una red general y una estructura arbórea. Además, ofrece material para discutir jerarquía, nodos terminales y recorridos, apoyándose en recursos computacionales del ecosistema de R que facilitan el trabajo con estructuras gráficas y árboles de manera reproducible (Mohammadi & Wit, 2019; Carli et al., 2022).

6. APORTES ESPERADOS EN EL APRENDIZAJE

El uso de R Project en la enseñanza de Matemáticas Discretas puede favorecer distintos resultados de aprendizaje. En primer lugar, puede mejorar la comprensión conceptual, ya que muchos temas dejan de verse como procedimientos aislados y empiezan a entenderse como estructuras manipulables y verificables. En segundo lugar, puede fortalecer la autonomía académica, porque el estudiante dispone de un entorno donde puede ensayar casos por cuenta propia. En tercer lugar, puede aumentar la articulación entre pensamiento matemático y pensamiento computacional, una relación especialmente importante en carreras de ingeniería (Freeman et al., 2014; Weigand et al., 2024; Gravemeijer et al., 2017).

También se espera que esta estrategia ayude a disminuir errores operativos persistentes. Cuando un estudiante observa que su resultado manual no coincide con la salida generada en R, se abre una oportunidad concreta para revisar pasos, identificar fallos y corregir procedimientos. Esa comparación no sustituye la explicación del docente, pero sí vuelve más rica la retroalimentación y puede apoyar procesos de evaluación formativa mediados por tecnología (Wang, 2011; Prince, 2004).

Esta propuesta promueve una clase más participativa. Los ejercicios pueden trabajarse de manera individual o en pequeños equipos, y el script puede convertirse en evidencia del proceso seguido por el estudiante. De esa manera, el aprendizaje no se limita al resultado final, sino que incorpora la construcción gradual de soluciones y la discusión argumentada entre pares (Barr & Tagg, 1995; Freeman et al., 2014).

7. CONCLUSIONES

R Project puede convertirse en una herramienta valiosa en la enseñanza de las Matemáticas Discretas cuando su uso se integra con sentido pedagógico al temario oficial y no se reduce a un apoyo accesorio. Su mayor aporte está en permitir que el estudiante explore, represente y verifique conceptos que a menudo resultan abstractos durante el curso, en línea con lo que la literatura reporta sobre tecnología y educación matemática (Bescherer, 2020; Clark-Wilson, 2020; Weigand et al., 2024).

La propuesta presentada muestra que es posible articular el programa de la asignatura con ejercicios concretos y código sencillo en R para trabajar sistemas numéricos, conjuntos, lógica, álgebra booleana, grafos y árboles. Esto abre la posibilidad de una práctica docente más dinámica, con mayor participación del estudiante y con mejores condiciones para relacionar procedimientos manuales con validación computacional, especialmente en cursos de matemática discreta y modelación (Fulton et al., 2022; Greefrath et al., 2022; Sandefur et al., 2022).

En síntesis, la innovación educativa no radica únicamente en usar tecnología, sino en usarla con una intención clara de aprendizaje. Bajo esa lógica, R Project puede aportar un puente útil entre la formalidad matemática de la asignatura y la experimentación que el estudiante necesita para apropiarse de sus contenidos, siempre que la herramienta se incorpore dentro de una estrategia activa, guiada y pedagógicamente justificada (Barr & Tagg, 1995; Prince, 2004; Freeman et al., 2014).

8. REFERENCIAS

Barr, R. B., & Tagg, J. (1995). From teaching to learning: A new paradigm for undergraduate education. Change: The Magazine of Higher Learning, 27(6), 12-26. https://doi.org/10.1080/00091383.1995.10544672

Bescherer, C. (2020). Technologies in mathematics education. In A. Tatnall (Ed.), Encyclopedia of Education and Information Technologies. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10576-1_27

Carli, F., Leonelli, M., & Varando, G. (2022). The R package stagedtrees for structural learning of stratified staged trees. Journal of Statistical Software, 102(6), 1-30. https://doi.org/10.18637/jss.v102.i06

Clark-Wilson, A. (2020). Mathematics education and technology. In A. Tatnall (Ed.), Encyclopedia of Education and Information Technologies. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10576-1_96

Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. Educational Studies in Mathematics, 61(1-2), 103-131. https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(23), 8410-8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Fulton, E. W., Arnold, E. G., Burroughs, E. A., Álvarez, J. A. M., Kercher, A., & Turner, K. (2022). Including school mathematics teaching applications in an undergraduate discrete mathematics course. PRIMUS, 32(6), 704-720. https://doi.org/10.1080/10511970.2021.1905120

Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F.-L., & Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future? International Journal of Science and Mathematics Education, 15(Suppl 1), 105-123. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9814-6

Greefrath, G., Siller, H.-S., Vorhölter, K., & Kaiser, G. (2022). Mathematical modelling and discrete mathematics: Opportunities for modern mathematics teaching. ZDM - Mathematics Education, 54, 865-879. https://doi.org/10.1007/s11858-022-01339-5

Mohammadi, R., & Wit, E. C. (2019). BDgraph: An R package for Bayesian structure learning in graphical models. Journal of Statistical Software, 89(3), 1-30. https://doi.org/10.18637/jss.v089.i03

Ouvrier-Buffet, C. (2020). Discrete mathematics teaching and learning. In S. Lerman (Ed.), Encyclopedia of Mathematics Education. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_51

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. Journal of Engineering Education, 93(3), 223-231. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x

Sandefur, J., Lockwood, E., Hart, E., DeBellis, V., Ouvrier-Buffet, C., & Meletiou-Mavrotheris, M. (2022). Teaching and learning discrete mathematics. ZDM - Mathematics Education, 54, 753-775. https://doi.org/10.1007/s11858-022-01399-7

Thurm, D., & Barzel, B. (2022). Teaching mathematics with technology: A multidimensional analysis of teacher beliefs. Educational Studies in Mathematics, 109, 41-63. https://doi.org/10.1007/s10649-021-10072-x

Wang, T.-H. (2011). Implementation of web-based dynamic assessment in facilitating junior high school students to learn mathematics. Computers & Education, 56(4), 1062-1071. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.09.014

Weigand, H.-G., Trgalova, J., & Tabach, M. (2024). Mathematics teaching, learning, and assessment in the digital age. ZDM - Mathematics Education, 56, 525-541. https://doi.org/10.1007/s11858-024-01612-9

Wickham, H. (2007). Reshaping data with the reshape package. Journal of Statistical Software, 21(12), 1-20. https://doi.org/10.18637/jss.v021.i12

Xie, Y. (2013). animation: An R package for creating animations and demonstrating statistical methods. Journal of Statistical Software, 53(1), 1-27. https://doi.org/10.18637/jss.v053.i01

Xie, Y. (2017). Dynamic documents with R and knitr (2nd ed.). Chapman and Hall/CRC. https://doi.org/10.1201/9781315382487

Mena, A.L., Magaña, M.A., Esquivel, G.P., Fernández, M.A., & Cruz, V.I. (2025). R PROJECT APPLIED TO THE TEACHING OF NUMERICAL METHODS. Journal of Engineering Research. https://doi.org/10.22533/at.ed.3175925041211