



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

Estudio del desempeño de dos materias en la FCFM por
tablas de contingencia

Tesis presentada al

Colegio de Matemáticas

como requisito parcial para la obtención del grado de

LICENCIADO EN MATEMÁTICAS APLICADAS

por

Alejandra Cruz Vargas

Asesorada por

Fernando Velasco Luna

Puebla Pue.
4 de febrero de 2026

A quienes formaron parte de este proceso, a quienes siguen dándome aliento y a quienes, de alguna forma —aún desde lejos—, me inspiran a seguir creciendo.

Resumen

Esta tesis analiza la relación entre el desempeño académico de estudiantes universitarios en dos materias consecutivas: Matemáticas Básicas y Cálculo Diferencial. La muestra está compuesta por aproximadamente 300 estudiantes, con las variables: sexo, licenciatura y las calificaciones de las materias de interés.

Para evaluar la dependencia entre las calificaciones obtenidas en cada materia, se agruparon las calificaciones en tres categorías (desempeño bajo, desempeño medio y desempeño alto) y se construyeron tablas de contingencia 3x3. La prueba estadística de Chi-cuadrada fue utilizada para determinar la independencia o dependencia entre el desempeño.

El análisis arrojó un estadístico de $\chi^2 \approx 17,46$ con un valor-p de 0.0016, lo que permitió rechazar la hipótesis nula de independencia. Estos resultados muestran que existe una relación significativa entre las calificaciones en Matemáticas Básicas y Cálculo Diferencial, lo cual evidencia que el desempeño en la primera influye en el rendimiento en la segunda.

Abstract

This thesis analyzes the relationship between the academic performance of university students in two consecutive courses: Basic Mathematics and Differential Calculus. The sample consists of approximately 300 students, with the variables being gender, degree program, and the grades in the courses of interest.

To evaluate the dependence between the grades obtained in each subject, the grades were grouped into three categories (low, medium, and high performance), and 3x3 contingency tables were constructed. The Chi-square statistical test was used to determine whether the performances were independent or dependent.

The analysis yielded a test statistic of $\chi^2 \approx 17,46$ with a p-value of 0.0016, which led to the rejection of the null hypothesis of independence. These results show that there is a significant relationship between the grades in Basic Mathematics and Differential Calculus, indicating that performance in the former influences performance in the latter.

Índice general

Resumen	III
Abstract	V
1. Introducción	1
1.1. Marco Teórico	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Estructura del trabajo	3
2. Preliminares	5
2.1. Pruebas de hipótesis	5
2.1.1. Elementos de una prueba estadística	5
2.2. Distribución chi-cuadrada (χ^2)	7
2.2.1. Fundamentos matemáticos	7
2.2.2. Tipos de pruebas con la distribución Chi-Cuadrada	8
2.2.3. Frecuencias observadas y esperadas	8
2.2.4. Estadístico de prueba Chi-Cuadrada	9
2.2.5. Regla de decisión	9
2.2.6. Test de independencia	9
2.3. Tablas de contingencia	10
2.3.1. Comparación entre frecuencias observadas y esperadas	10
3. Metodología	13
3.1. Aspectos generales	13
3.1.1. Distribución de ingresos en el año 2024	13
3.1.2. Selección de la muestra	13
3.1.3. Instrumentos y procedimiento de recolección de datos	14
3.2. Análisis estadístico	14
3.2.1. Diseño Estadístico	15
4. Resultados	17
5. Discusión	23
5.1. Comparación con estudios previos	24
6. Conclusiones	27

A. Código Python para generación de gráficos de la subsección de Análisis Preliminar	29
B. Código Python para generación de gráficos de la subsección de Análisis Definitivo	31
C. Código en R para el análisis Chi-cuadrada	33

Capítulo 1

Introducción

1.1. Marco Teórico

El desempeño académico, entendido como el nivel de éxito que un estudiante alcanza en sus actividades educativas, es un indicador clave en su trayectoria formativa. Aunque comúnmente se refleja en las calificaciones, estas cifras representan solo una parte del fenómeno, ya que detrás de ellas intervienen múltiples factores que influyen en el desempeño escolar. Estos factores pueden clasificarse en dos grandes grupos: individuales y contextuales.

Dentro de los factores individuales se encuentran la inteligencia, que implica la capacidad para aprender, razonar y resolver problemas; los hábitos de estudio, que comprenden las estrategias y rutinas que el estudiante implementa para mejorar su aprendizaje; y las actitudes hacia el estudio, donde una disposición positiva favorece la perseverancia y la motivación, mientras que una actitud negativa puede disminuir el interés y el esfuerzo. En contraste, los factores contextuales, como el nivel socioeconómico y la desigualdad de género, moldean el entorno social y cultural del estudiante, influyendo en su acceso a recursos educativos, el apoyo familiar y las oportunidades disponibles.

Esta división de factores es especialmente relevante en el análisis del rendimiento académico en matemáticas, área que ha sido objeto de numerosas investigaciones tanto nacionales como internacionales, debido a las dificultades recurrentes que enfrentan los estudiantes y el impacto de estas en su permanencia y éxito en la educación superior (**Vargas2016**). Tradicionalmente, se ha considerado que el bajo rendimiento obedece principalmente a las capacidades cognitivas de la población estudiantil. No obstante, estudios recientes indican que se trata de un fenómeno multicausal, influido tanto por factores individuales como contextuales, incluyendo los de tipo social, económico, institucional, de género y pedagógico (**Araiza2023; Mella1999**).

Entre los factores individuales, destacan la inteligencia fluida, los hábitos de estudio y las actitudes hacia las matemáticas, las cuales tienen efectos directos e indirectos sobre el desempeño académico (**Vargas2016**). Además, los componentes afectivos como la motivación y el autoestima también han mostrado tener una influencia significativa en los resultados (**Vargas2016; Mella1999**). Desde una perspectiva institucional y pedagógica, la calidad de la enseñanza, la preparación docente, y la relación profesor-estudiante son elementos clave para comprender las variaciones en el rendimiento (**Mella1999**).

Por otro lado, los factores socioculturales tienen un peso considerable. El nivel educativo de los padres, particularmente de la madre, sus expectativas académicas sobre los hijos, así como el

nivel socioeconómico del hogar, influyen de forma directa en los logros escolares del estudiantado (**Mella1999; Araiza2023; Carrillo2013**). Esta relación se ha identificado con claridad en evaluaciones estandarizadas como el EXANI-II, donde los estudiantes provenientes de familias con más recursos económicos y culturales obtienen mejores resultados (**Araiza2023**). De hecho, se ha encontrado que el promedio de bachillerato tiene un mayor valor predictivo del rendimiento universitario que la propia calificación del EXANI-II (**Araiza2023**).

Respecto al género, los estudios en México y Latinoamérica revelan que aún persisten desigualdades significativas. En áreas como matemáticas, ciencias e ingeniería, la participación femenina sigue siendo baja, y aquellas mujeres que eligen estas carreras enfrentan un entorno dominado por visiones masculinas, con poca representación de profesoras y escasos apoyos diferenciados (**Aguilar2011**). Además, existen estereotipos persistentes en la educación preuniversitaria que consideran a los hombres como “más aptos” para las ciencias, lo cual impacta negativamente en las trayectorias educativas de las mujeres (**Aguilar2011**).

Aunque en pruebas internacionales como PISA los puntajes de hombres y mujeres en matemáticas muestran diferencias en los promedios a favor de los varones, se ha evidenciado que dichas diferencias pueden reducirse cuando el diseño curricular incorpora experiencias contextualizadas para ambos sexos (**Aguilar2011**). Esto pone en tela de juicio las explicaciones biologicistas que atribuyen las brechas de género a diferencias neurológicas, y refuerza la necesidad de considerar las influencias culturales y pedagógicas (**Blakemore2008; Aguilar2011**).

Por último, el contexto laboral y económico también condiciona el desempeño académico. En México, la mayoría de los empleos son informales o precarios, y solo un pequeño porcentaje de la población tiene acceso a trabajos con estándares ideales (**INEGI2020**). Esta realidad impacta directamente en las oportunidades de desarrollo académico de los jóvenes, especialmente aquellos de origen socioeconómico bajo (**Araiza2023**).

En conjunto, los antecedentes revisados evidencian la complejidad del fenómeno del rendimiento académico en matemáticas, y justifican la necesidad de analizarlo desde una perspectiva multifactorial que considere tanto las características del estudiantado como su entorno sociocultural, económico y educativo.

1.2. Antecedentes

El análisis de datos categóricos ha ocupado un lugar relevante en la investigación educativa, especialmente para estudiar la asociación entre variables cualitativas. Una herramienta estadística frecuentemente utilizada con este fin es la prueba χ^2 , que permite evaluar la independencia o dependencia entre dos variables en una tabla de contingencia. Esta prueba se ha empleado en diversos contextos, como en la investigación psicopedagógica y en el análisis del rendimiento académico de los estudiantes.

Por ejemplo, Cañadas, Molina y Palarea (**canadas2012comprehension**) investigaron la comprensión de la prueba χ^2 en estudiantes de Psicología, identificando dificultades comunes al momento de plantear hipótesis, realizar cálculos e interpretar resultados estadísticos. Este trabajo resalta la importancia de comprender no solo la mecánica del procedimiento, sino su fundamentación teórica y aplicabilidad en contextos reales.

Asimismo, Buendía, Colás y Hernández (**buendia1998metodos**) destacan el uso de métodos estadísticos como la prueba χ^2 en la investigación psicopedagógica para evaluar asociaciones entre variables relacionadas con el aprendizaje y el contexto del estudiante. En este sentido, se reconoce

su utilidad en el análisis de patrones de conducta o rendimiento.

En cuanto al rendimiento en matemáticas, diversos estudios han señalado que la asignatura de Cálculo Diferencial representa una barrera para muchos estudiantes en los primeros semestres universitarios. El estudio de Hernández, Chávez y Márquez (**hernandez2021calculo**) analizó los conocimientos previos en matemáticas y su influencia en el desempeño en Cálculo Diferencial, diseñando instrumentos de evaluación para identificar factores predictivos del éxito académico. Este enfoque resulta útil para relacionar, por ejemplo, el nivel de dominio en Matemáticas Básicas con el desempeño posterior en Cálculo, permitiendo aplicar pruebas de independencia como la χ^2 para validar hipótesis empíricas.

Además, diversos autores han empleado la prueba χ^2 para estudiar la relación entre actitudes hacia las matemáticas y el desempeño académico, como se observa en el trabajo de Melgoza y Rodríguez (**melgoza2010actitudes**), donde se identificaron asociaciones significativas entre variables afectivas y resultados en materias del área matemática.

Estos antecedentes fundamentan el uso de la prueba χ^2 en el presente estudio, tanto por su pertinencia metodológica como por el respaldo de investigaciones previas que han explorado relaciones entre variables académicas, especialmente en asignaturas clave como Cálculo Diferencial.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Identificar si existe una relación estadísticamente significativa entre el desempeño académico en las asignaturas de Matemáticas Básicas y Cálculo diferencial en estudiantes de las licenciaturas en Matemáticas, Matemáticas Aplicadas y Actuaría.

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir la distribución del desempeño en ambas asignaturas en función de la carrera y género.
- Identificar la relación entre la distribución del desempeño de ambas materias mediante tablas de contingencia.
- Evaluar la relación entre las materias de matemáticas básicas y cálculo diferencial respecto a su desempeño mediante una prueba de independencia.
- Observar la distribución del desempeño del estudiante.

1.4. Estructura del trabajo

Este trabajo se divide en cuatro capítulos. El primer capítulo corresponde a la introducción, donde se presenta el marco teórico, antecedentes y estudios relacionados, así como los objetivos y la estructura general del trabajo.

En el segundo capítulo se abordan los conceptos teóricos necesarios para el análisis, incluyendo la distribución chi-cuadrada, las pruebas de hipótesis y el uso de tablas de contingencia.

El tercer capítulo describe la metodología empleada, abordando tanto los aspectos generales del estudio como el diseño y análisis estadístico. Este último se divide a su vez en un análisis

preliminar, donde se exploran los datos mediante gráficas de pastel, y un análisis definitivo, que emplea tablas de contingencia y gráficas de barras.

Por último, se dan las conclusiones del trabajo.

Capítulo 2

Preliminares

2.1. Pruebas de hipótesis

Uno de los objetivos fundamentales de la estadística inferencial es realizar afirmaciones sobre parámetros poblacionales desconocidos, a partir de la información contenida en una muestra aleatoria $X_1, X_2, \dots, X_n$.

Existen dos enfoques principales para proponer estimadores de parámetros desconocidos:

1. **Estimación puntual:** Consiste en obtener un único valor $\hat{\theta}$ que sirva como aproximación del parámetro poblacional θ .
2. **Estimación por intervalo:** Se determina un intervalo $(\theta_{\text{inf}}, \theta_{\text{sup}})$ que cubra al parámetro θ con una probabilidad preestablecida, denominada *nivel de confianza*.

Además de la estimación, una herramienta esencial es la *prueba de hipótesis*, cuyo objetivo es contrastar afirmaciones sobre parámetros poblacionales.

En este procedimiento, el investigador plantea una proposición acerca de uno o más parámetros poblacionales y, utilizando la información muestral, evalúa si dicha proposición es consistente con los datos observados. Si la evidencia es incompatible con la proposición, esta se *rechaza*; de lo contrario, no se rechaza.

2.1.1. Elementos de una prueba estadística

En una prueba de hipótesis se formulan dos proposiciones:

1. **Hipótesis nula** (H_0): Representa la afirmación de referencia o estado inicial. Usualmente se expresa como una igualdad y sostiene que no existe efecto, diferencia o relación significativa. Se considera válida mientras no haya evidencia suficiente para rechazarla.
2. **Hipótesis alternativa** (H_a): Es contraria a H_0 y representa la afirmación que se desea sustentar, como la presencia de un efecto, diferencia o asociación.

Para tomar una decisión respecto a H_0 y H_a , se emplean los siguientes elementos:

- **Estadístico de prueba:** Función de las variables muestrales cuya distribución bajo H_0 es conocida. La decisión estadística se basa en el valor observado de este estadístico.
- **Región de rechazo** (o región crítica, denotada RR): Conjunto de valores del estadístico de prueba para los cuales H_0 es rechazada a favor de H_a . Si el valor observado del estadístico pertenece a esta región, se concluye que la evidencia es suficiente para rechazar H_0 .

La distribución del estadístico se divide en:

1. Región de rechazo (RR).
2. Región de no rechazo.

Nota: En la teoría de la estimación, buscamos que los estadísticos utilizados tengan distribuciones conocidas. Algunas de las distribuciones más utilizadas son:

Distribución	Definición	Ejemplos de aplicación
Normal ($\mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$)	Distribución continua simétrica caracterizada por su media μ y varianza σ^2 . Es fundamental en estadística debido al Teorema Central del Límite.	Inferencia sobre medias poblacionales.
Chi-cuadrada (χ_k^2)	Distribución de una variable aleatoria definida como la suma de los cuadrados de k variables normales estándar independientes.	Pruebas de independencia en tablas de contingencia.
t de Student (t_k)	Distribución simétrica con colas más pesadas que la normal, dependiente de k grados de libertad. Surge al estandarizar una media muestral cuando la varianza poblacional es desconocida.	Intervalos de confianza para la media poblacional con varianza desconocida.
F de Fisher-Snedecor (F_{k_1, k_2})	Distribución definida como el cociente de dos variables chi-cuadrada independientes, cada una dividida por sus respectivos grados de libertad.	Comparación de varianzas, análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 2.1: Distribuciones importantes en estadística y teoría de la estimación

Tabla de decisiones

El resultado de una prueba de hipótesis puede representarse como en la Tabla 2.1 donde se muestran los cuatro posibles escenarios y los errores asociados:

Decisión	H_0 verdadera	H_a verdadera
No rechazar H_0	Decisión correcta	Error tipo II (β)
Rechazar H_0	Error tipo I (α)	Decisión correcta

Tabla 2.2: Posibles resultados de una prueba de hipótesis

Errores de decisión

En el proceso de contraste de hipótesis se pueden cometer dos tipos de error:

- **Error de tipo I:** Rechazar H_0 cuando ésta es verdadera. Su probabilidad se denota por α y se denomina *nivel de significancia*.
- **Error de tipo II:** No rechazar H_0 cuando H_a es verdadera. Su probabilidad se denota por β .

Valor p y valor crítico

El *valor p* es la probabilidad, bajo el supuesto de que H_0 es verdadera, de obtener un valor del estadístico de prueba tan extremo como el observado, o más. Si $p \leq \alpha$, se considera que la evidencia es suficiente para rechazar H_0 .

El *valor crítico* se define como el punto o los puntos que delimitan la región de rechazo de la hipótesis nula en una prueba de hipótesis. Dicho valor se obtiene a partir de la distribución de probabilidad correspondiente al estadístico de prueba y depende del nivel de significancia establecido. Cuando el valor del estadístico de prueba calculado a partir de los datos cae en la región de rechazo, se concluye que existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa.

La prueba de hipótesis constituye así una herramienta fundamental para sustentar conclusiones objetivas en investigaciones científicas y en la toma de decisiones respaldadas por datos.

2.2. Distribución chi-cuadrada (χ^2)

La prueba chi-cuadrada es una herramienta estadística ampliamente empleada, especialmente en el análisis de varianza y en pruebas de hipótesis con datos categóricos. Su uso más frecuente se centra en el estudio de frecuencias observadas dentro de una población, con el propósito de determinar si ciertas características —como el sexo, el modo de reproducción o las etapas de vida— están influenciadas por factores externos, como la región geográfica o la edad materna.

Esta prueba permite explorar relaciones entre variables categóricas a través de la comparación entre conteos observados y esperados, lo cual es esencial en estudios de tipo biológico, social o epidemiológico. Aunque existen otras técnicas para el análisis de datos categóricos, la chi-cuadrada destaca por su sencillez y efectividad en contextos prácticos.

2.2.1. Fundamentos matemáticos

La distribución chi-cuadrada (χ^2) es un caso particular de la distribución gamma y surge de elevar al cuadrado variables aleatorias que siguen una distribución normal estándar. Si X_i es una variable aleatoria normal con media μ y varianza σ^2 , su estandarización se define como

$$Z_i = \frac{X_i - \mu}{\sigma},$$

y Z_i^2 sigue una distribución chi-cuadrada con un grado de libertad.

Al aplicar este procedimiento a múltiples observaciones independientes, la suma de estos cuadrados da lugar a una variable aleatoria con distribución chi-cuadrada con tantos grados de libertad como observaciones:

$$\chi_{(n)}^2 = Z_1^2 + Z_2^2 + \cdots + Z_n^2.$$

La función de densidad de probabilidad de la distribución chi-cuadrada con k grados de libertad es:

$$f(u) = \frac{1}{2^{k/2}\Gamma(k/2)} u^{(k/2)-1} e^{-u/2}, \quad u > 0,$$

donde Γ es la función gamma, una extensión del factorial.

Entre sus propiedades destacan:

- Media: $E[\chi(k)^2] = k$
- Varianza: $\text{Var}[\chi(k)^2] = 2k$

Solo toma valores positivos, coherente con su definición como suma de cuadrados.

La suma de variables independientes con distribución chi-cuadrada también sigue una distribución chi-cuadrada, con grados de libertad igual a la suma de los grados individuales.

2.2.2. Tipos de pruebas con la distribución Chi-Cuadrada

La distribución chi-cuadrada es una herramienta fundamental en estadística, especialmente en pruebas para una varianza y en las pruebas de independencia para variables categóricas, ya que permite medir la desviación entre las frecuencias observadas y las esperadas en una muestra.

Se utiliza principalmente en pruebas de hipótesis cuando los datos se presentan en forma de frecuencias. Estas pruebas se clasifican en tres tipos principales: bondad de ajuste, independencia y homogeneidad. En esencia, todas ellas son variantes de pruebas de bondad de ajuste, pues buscan determinar qué tan bien las frecuencias observadas concuerdan con las esperadas bajo una hipótesis teórica.

Este enfoque se remonta a los trabajos de Karl Pearson, quien demostró que la estadística chi-cuadrada es adecuada para evaluar la concordancia entre los datos observados y una hipótesis, siempre que la información esté organizada en forma de frecuencias.

Su relevancia radica en que constituye la base matemática de muchas pruebas estadísticas inferenciales y de la estimación de varianzas en poblaciones normales.

2.2.3. Frecuencias observadas y esperadas

La prueba chi-cuadrada se aplica comúnmente al análisis de variables categóricas, las cuales agrupan datos en categorías mutuamente excluyentes. En este contexto, se distinguen dos tipos de frecuencias:

- *Frecuencias observadas* (O_i): conteos registrados en la muestra para cada categoría.
- *Frecuencias esperadas* (E_i): valores que se anticipan bajo la hipótesis nula H_0 .

Comparar ambas permite determinar si las diferencias observadas pueden atribuirse al azar o si indican una discrepancia significativa.

Para que la aproximación del estadístico χ^2 a su distribución sea válida, se recomienda que las frecuencias esperadas no sean demasiado pequeñas. Una regla común es que todas ellas sean al menos 5.

Existe, sin embargo, debate al respecto. Algunas fuentes antiguas sugieren un mínimo de 10, mientras que otras aceptan valores tan bajos como 1, especialmente en pruebas con distribuciones

unimodales como la normal (Cochran). Si algunas celdas presentan frecuencias esperadas menores a 1, una solución práctica es combinar categorías contiguas, lo que reduce los grados de libertad del análisis.

2.2.4. Estadístico de prueba Chi-Cuadrada

La estadística de prueba se define como:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i},$$

donde O_i es la frecuencia observada y E_i la frecuencia esperada para la i -ésima categoría.

Bajo H_0 , este estadístico sigue aproximadamente una distribución chi-cuadrada con $k - r$ grados de libertad, donde k es el número total de categorías y r el número de restricciones (como la suma de frecuencias o parámetros estimados).

El valor del estadístico refleja el grado de concordancia entre las frecuencias observadas y esperadas. Si ambas coinciden, entonces $\chi^2 = 0$. A mayor discrepancia, mayor será el valor de χ^2 , lo cual puede conducir al rechazo de H_0 .

Cada diferencia se eleva al cuadrado para evitar cancelaciones, y al dividir entre la frecuencia esperada se obtiene una medida estandarizada. Así, el estadístico representa una suma ponderada de discrepancias, proporcionando una medida global del ajuste entre lo observado y lo esperado.

2.2.5. Regla de decisión

El valor de $\sum \left[\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \right]$ será pequeño si las frecuencias observadas y esperadas son similares, y grande si existen discrepancias significativas.

Una vez calculado χ^2 , se compara con el valor crítico de la distribución chi-cuadrada con $k - r$ grados de libertad para un nivel de significancia α .

Regla de decisión: Se rechaza la hipótesis nula (H_0) si el valor de χ^2 calculado es mayor o igual al valor crítico tabulado para el nivel de significancia α :

$$\chi^2_{\text{calculado}} \geq \chi^2_{\text{crítico}}(\alpha)$$

Alternativamente, se rechaza H_0 si el valor- p asociado al estadístico χ^2 es menor que α :

$$p\text{-valor} < \alpha$$

2.2.6. Test de independencia

Una de las aplicaciones más comunes de la distribución chi-cuadrada es comprobar si dos criterios de clasificación —como el nivel socioeconómico y la zona de residencia— están relacionados o no dentro de un mismo grupo de personas. En este tipo de análisis, la hipótesis nula plantea que ambas variables son independientes, lo que significa que la distribución de una no se ve afectada por la otra.

Decimos que dos variables categóricas son independientes cuando la proporción de individuos en cada categoría de una variable permanece constante sin importar la categoría de la otra. Por ejemplo, si el nivel socioeconómico no cambia según la zona donde vive la persona, entonces ambas

variables serían independientes. De manera similar, si la preferencia de un estudiante por una determinada asignatura no depende de su género, o si la elección de un medio de transporte no está relacionada con el turno en el que trabaja, también estaríamos frente a variables independientes. En contraste, cuando estas proporciones cambian según la categoría de la otra variable, hablamos de dependencia estadística.

2.3. Tablas de contingencia

La relación entre dos criterios de clasificación puede representarse mediante una *tabla de contingencia*, donde las filas corresponden a un criterio y las columnas al otro. Si el primer criterio tiene r niveles y el segundo c , la tabla será de tamaño $r \times c$.

La Tabla 2.3 muestra la distribución de una población clasificada por dos variables categóricas. El objetivo es evaluar la hipótesis nula de independencia. Si esta se rechaza, se concluye que existe asociación entre ambas variables.

Tabla 2.3: Clasificación de la población según dos criterios

	Categoría 1	Categoría 2	...	Categoría r	Total fila
Categoría A					
Categoría B					
...					
Categoría c					
Total columna					N

A partir de esta población, se selecciona una muestra aleatoria de tamaño n y se registran las frecuencias observadas por celda, junto con los totales marginales. Esto se representa como en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: Frecuencias observadas en la muestra

	Categoría 1	Categoría 2	...	Categoría r	Total fila
Categoría A	O_{11}	O_{12}	...	...	$O_{1\cdot}$
Categoría B	O_{21}	O_{22}	...	...	$O_{2\cdot}$
...	...	...	...	...	...
Categoría c	...	...	...	...	...
Total columna	$O_{\cdot 1}$	$O_{\cdot 2}$	...	...	n

Las frecuencias esperadas bajo independencia se calculan como:

$$E_{ij} = \frac{O_{i\cdot} \cdot O_{\cdot j}}{n}$$

Luego, se aplica la prueba chi-cuadrada comparando O_{ij} y E_{ij} en cada celda.

2.3.1. Comparación entre frecuencias observadas y esperadas

Para determinar si hay independencia, se comparan O_i y E_i por celda. Si la discrepancia es pequeña, se considera razonable no rechazar H_0 . Si las diferencias son grandes, se rechaza, concluyendo que hay asociación entre las variables.

Aunque lo más correcto es utilizar subíndices dobles ij , a veces se adopta notación simplificada para facilitar la lectura.

Cuando H_0 es cierta, el estadístico χ^2 sigue una distribución chi-cuadrada con $(r-1)(c-1)$ grados de libertad. La decisión se toma comparando el valor calculado con el valor crítico para un nivel de significancia α . Si $\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha, (r-1)(c-1)}$, se rechaza H_0 .

Capítulo 3

Metodología

3.1. Aspectos generales

La muestra de este estudio estuvo conformada por 300 estudiantes de las licenciaturas en Matemáticas, Matemáticas Aplicadas y Actuaría, pertenecientes a la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas (FCFM) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) durante el periodo Primavera 2025. Los datos corresponden a las calificaciones obtenidas en dos asignaturas clave del plan de estudios: Matemáticas Básicas y Cálculo Diferencial.

Estas materias se imparten en semestres consecutivos y forman parte del tronco común; Matemáticas Básicas se considera una asignatura introductoria, mientras que Cálculo Diferencial da continuidad a los contenidos, abordando temas de mayor complejidad.

3.1.1. Distribución de ingresos en el año 2024

En la Tabla 3.1 se presenta el número de estudiantes que ingresaron a cada una de las carreras mencionadas durante el año 2024, clasificados por género.

Tabla 3.1: Estudiantes de nuevo ingreso por carrera y género (2024)

Carrera	Mujeres	Hombres
Actuaría	265	359
Matemáticas	66	107
Matemáticas Aplicadas	72	83

3.1.2. Selección de la muestra

Con el propósito de mantener la representatividad en el análisis, se realizó una selección proporcional al número de ingresos por carrera y género. La muestra final quedó distribuida como se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Distribución de la muestra seleccionada por carrera y género

Carrera	Mujeres	Hombres
Actuaría	84	114
Matemáticas	21	33
Matemáticas Aplicadas	21	27
Total	126	174

3.1.3. Instrumentos y procedimiento de recolección de datos

La información se obtuvo a partir de un cuestionario aplicado a estudiantes de las tres licenciaturas de la FCFM tal y como se describió anteriormente.

3.2. Análisis estadístico

A continuación se describen las variables consideradas para el análisis:

Tabla 3.3: Variables de estudio

Variable	Descripción	Valor
Sexo	Género del estudiante	Masculino / Femenino
Carrera	Programa educativo cursado	Matemáticas / Matemáticas Aplicadas / Actuaría
Calif. Básicas	Calificación final obtenida en Matemáticas Básicas	6, 7, 8, 9, 10
Calif. Cálculo	Calificación final obtenida en Cálculo Diferencial	6, 7, 8, 9, 10
Desempeño	Describe el desempeño del estudiante de acuerdo a la calificación obtenida en cada materia	Bajo / Medio / Alto

Inicialmente, se construyó una tabla de contingencia con cinco categorías de calificación (6, 7, 8, 9 y 10), para explorar la relación entre las calificaciones en ambas asignaturas.

Tabla 3.4: Calificaciones de Matemáticas Básicas vs. Cálculo

Básicas / Cálculo	6	7	8	9	10	Total fila
6	4	5	8	2	3	22
7	7	10	16	12	7	52
8	8	13	39	19	19	98
9	5	9	30	20	22	86
10	2	4	6	13	17	42
Total columna	26	41	99	66	68	300

Sin embargo, algunas celdas presentan frecuencias observadas bajas, lo que genera frecuencias esperadas pequeñas. Esto puede afectar la validez del análisis con base en pruebas de independencia.

Para solventar esta situación, se agruparon las calificaciones en tres categorías:

- **6 o 7:** desempeño bajo (mínimo aprobatorio),
- **8:** desempeño medio,
- **9 o 10:** desempeño alto.

Esta nueva clasificación permitió construir una tabla de contingencia más confiable, facilitando el análisis estadístico posterior sin perder información relevante sobre la relación entre ambas materias.

3.2.1. Diseño Estadístico

3.2.1.1. Análisis Preliminar

Con el fin de analizar la distribución y el comportamiento de las variables de estudio, se elaboraron gráficos de pastel, de barras apiladas y boxplots.

3.2.1.2. Análisis Definitivo

Se realizó un análisis de tablas de contingencia con el objetivo de ver si existe relación entre el desempeño de Matemáticas Básicas y Cálculo Diferencial.

Tabla 3.5: Tabla de contingencia del desempeño

Calif. Básicas / Cálculo	Bajo	Medio	Alto	Total fila
Bajo	26	24	24	74
Medio	21	39	38	98
Alto	20	36	72	128
Total columna	67	99	134	300

Se observa en la Tabla 3.5, por ejemplo, que de los 128 estudiantes que obtuvieron un desempeño alto en Matemáticas Básicas, 72 también alcanzaron ese nivel en Cálculo. Por otro lado, entre los 74 que obtuvieron desempeño bajo en la primera materia, 26 repitieron ese desempeño en Cálculo Diferencial.

Capítulo 4

Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la prueba de independencia chi-cuadrada, cuyo objetivo fue analizar si existe una relación significativa entre las calificaciones obtenidas en las asignaturas de Matemáticas Básicas y Cálculo diferencial.

Planteamiento de hipótesis

Para llevar a cabo el análisis, se formularon las siguientes hipótesis:

H_0 : Los desempeños de Matemáticas Básicas y Cálculo Diferencial son independientes.

H_1 : Existe una relación estadísticamente significativa entre el desempeño de ambas asignaturas.

Cálculo de frecuencias esperadas

Bajo el supuesto de independencia entre las variables, las frecuencias esperadas se calcularon utilizando la siguiente fórmula:

$$E_{ij} = \frac{(F_i)(C_j)}{n}$$

donde E_{ij} representa la frecuencia esperada en la celda correspondiente a la fila i y la columna j ; F_i es el total de la fila i , C_j es el total de la columna j , y n es el tamaño total de la muestra.

En la Tabla 4.1 se presentan las frecuencias esperadas bajo la hipótesis nula de independencia:

Tabla 4.1: Frecuencias esperadas bajo la hipótesis de independencia

	Bajo	Medio	Alto
Bajo	16.53	24.42	33.05
Medio	21.87	32.34	43.79
Alto	28.60	42.24	57.15

Estadístico de prueba y valor-p

El estadístico chi-cuadrado se calculó con la expresión:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

donde O_{ij} representa la frecuencia observada y E_{ij} la frecuencia esperada correspondiente.

El valor del estadístico obtenido fue:

$$\chi^2 \approx 17,46$$

El número de grados de libertad se determinó con la fórmula:

$$gl = (r - 1)(c - 1) = (3 - 1)(3 - 1) = 4$$

Con base en estos resultados, se obtuvo un valor-p aproximado de:

$$p \approx 0,0016$$

Dado que $p < 0,05$, se rechaza la hipótesis nula de independencia. Es decir, existe una relación estadísticamente significativa entre el desempeño de Matemáticas Básicas y Cálculo Diferencial.

La prueba de independencia entre las categorías del desempeño agrupadas en Matemáticas Básicas y Cálculo se realizó también con ayuda de R-Studio. El código utilizado para realizar el análisis puede consultarse en el Apéndice C.

Gráficos de pastel

4.0.0.1. Distribución del sexo.

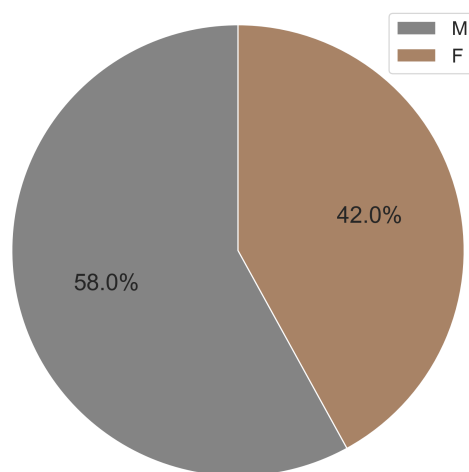


Figura 4.1: Distribución del sexo.

En la Figura 4.1, se observa que, respecto a la distribución por sexo de la muestra, el 58 % corresponde al sexo masculino.

4.0.0.2. Distribución por licenciatura.

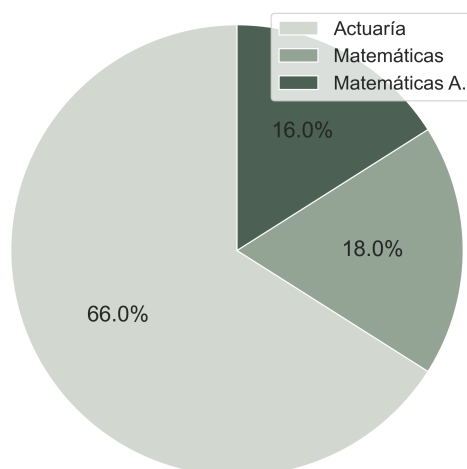


Figura 4.2: Distribución por licenciatura.

En la Figura 4.2, respecto a la distribución por licenciatura, se observa que el 66 % de los participantes pertenece a Actuaría, seguido por Matemáticas con el 18 % y Matemáticas Aplicadas con el 16 %.

4.0.0.3. Distribución de las calificaciones de Matemáticas Básicas

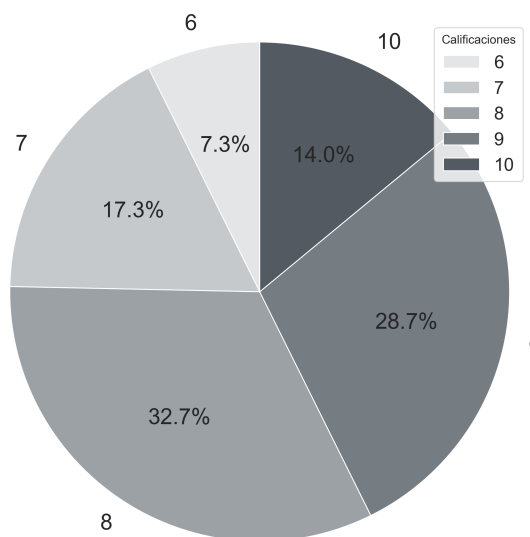


Figura 4.3: Distribución de las calificaciones de Matemáticas Básicas.

En la Figura 4.3 se muestra la distribución de las calificaciones en Matemáticas Básicas, en la que se observa que la calificación de 8 es la más frecuente, con un 32.7 %.

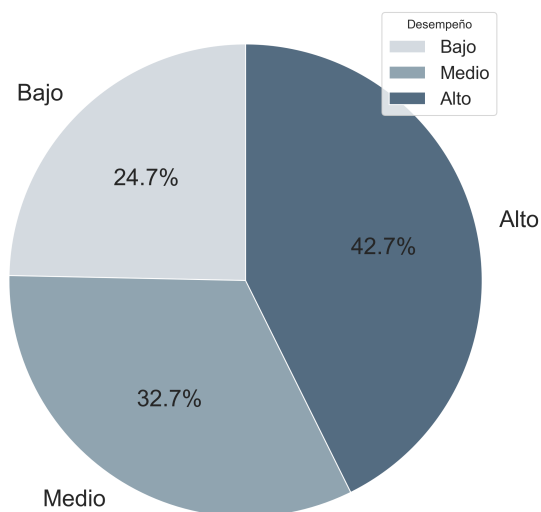


Figura 4.4: Distribución del desempeño de Matemáticas Básicas.

El Gráfico 4.4) ilustra la distribución del desempeño en la misma asignatura, donde el grupo de alto desempeño tiene la mayor frecuencia, con un 42.7 %, seguido del desempeño medio y bajo, con 32.7 % y 24.7 %, respectivamente.

4.0.0.4. Distribución de las calificaciones y el desempeño en Cálculo Diferencial

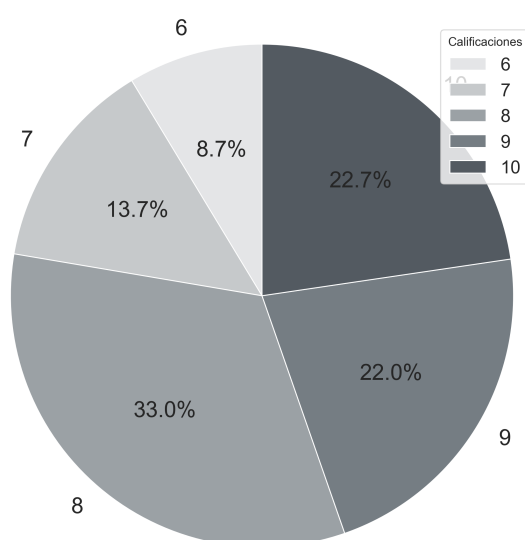


Figura 4.5: Distribución de las calificaciones de Cálculo Diferencial.

En la Figura 4.5 se presenta un caso análogo al anterior, mostrando dos gráficos de pastel correspondientes a la asignatura de Cálculo Diferencial. El primer gráfico ilustra la distribución de las calificaciones, en la que la calificación de 8 es la más representativa, con un 33 %.

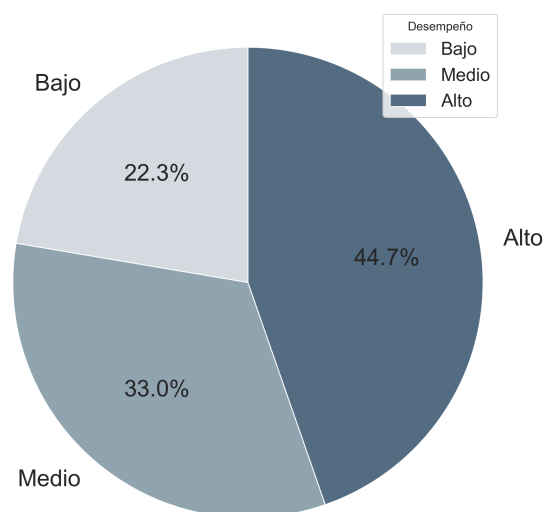


Figura 4.6: Distribución del desempeño de Cálculo Diferencial.

El gráfico 4.6 muestra la distribución del desempeño en la asignatura, donde el grupo de alto desempeño es el más representativo, con un 44.7 %, seguido por el desempeño medio y bajo, con 33 % y 22.3 %, respectivamente.

Gráficas de barras apiladas

Se elaboraron gráficas de barras apiladas con el fin de analizar la distribución conjunta de las variables en estudio

4.0.0.5. Relación porcentual entre el desempeño en Matemáticas Básicas y Cálculo Diferencial

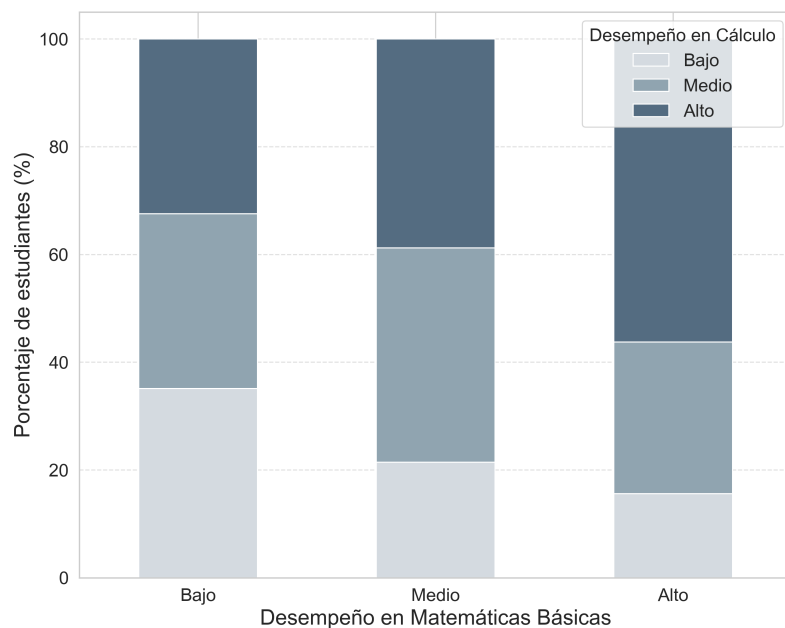


Figura 4.7: Relación porcentual entre el desempeño en Matemáticas B. y Cálculo D.

En la Figura 4.7 se observa que los estudiantes con alto desempeño en Matemáticas Básicas concentran la mayor proporción de calificaciones altas en Cálculo Diferencial, mientras que aquellos con bajo desempeño en Matemáticas Básicas presentan la mayor proporción de calificaciones bajas en la misma asignatura.

4.0.0.6. Distribución de licenciaturas según el sexo

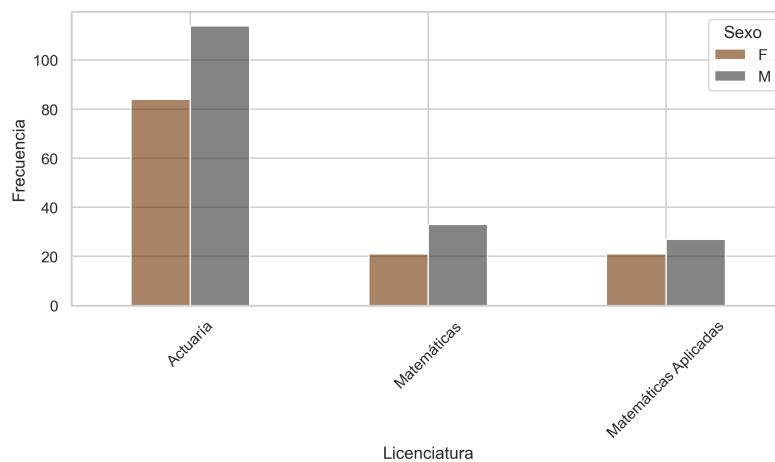


Figura 4.8: Distribución de licenciatura por sexo

Capítulo 5

Discusión

Como se indicó en los antecedentes, la diferencia es de apenas un 7% a favor de los hombres, lo que refleja un avance hacia una mayor equidad. Esto sugiere que la brecha de género se está reduciendo y que, progresivamente, comienzan a modificarse creencias y prácticas culturales que históricamente han limitado la participación de las mujeres en áreas como las matemáticas.

Una proporción significativa de la población encuestada pertenece a la carrera de Actuaría, una licenciatura que actualmente se encuentra entre las más demandadas, tanto en número de aspirantes como en su proyección laboral.

Con base en el gráfico de distribución de calificaciones en Matemáticas Básicas, se observa que la mayoría de los estudiantes obtuvo un desempeño alto, pues el 42,7% alcanzó este rango. El 32,7% obtuvo un desempeño medio. Sin embargo, un 24,7% logró un desempeño bajo, lo que representa un grupo considerable dentro de la muestra.

De manera similar, el gráfico correspondiente a la materia de Cálculo Diferencial muestra que el grupo con mejor desempeño vuelve a ser el más numeroso: el 44,7% obtuvo 9 o 10 de calificación. Le sigue el 33% del estudiantado con un desempeño medio, y el resto corresponde a quienes obtuvieron un desempeño bajo.

Mapa de calor (heatmap)

Se construyó un mapa de calor a partir de la tabla de contingencia observada, para visualizar la intensidad de las frecuencias conjuntas.

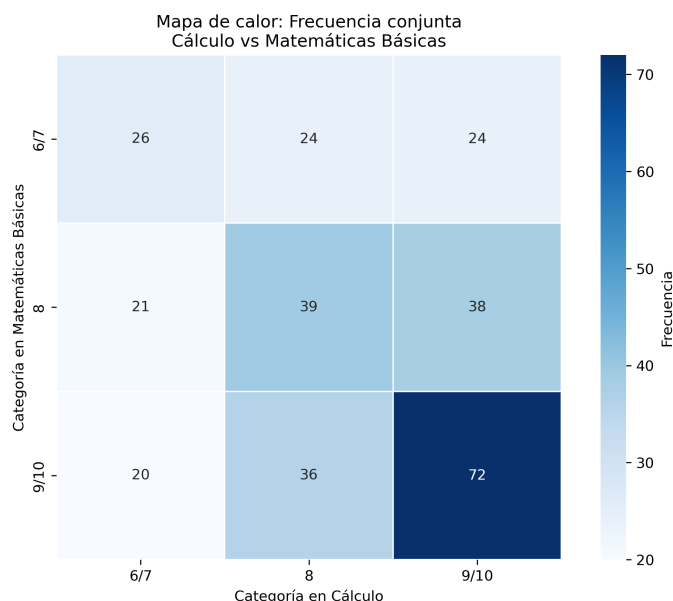


Figura 5.1: Mapa de calor de frecuencias observadas

En la Figura 5.1 se observa que existe una concentración considerable en las diagonales que corresponden a categorías de calificación similares, es decir, estudiantes que obtuvieron calificaciones bajas, medias o altas en Matemáticas Básicas tienden a presentar un desempeño similar en Cálculo. Esta tendencia visual respalda el resultado obtenido en la prueba de independencia chi-cuadrado, donde se concluyó que existe una relación estadísticamente significativa entre las calificaciones en ambas asignaturas.

5.1. Comparación con estudios previos

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que existe una relación estadísticamente significativa entre el desempeño en Matemáticas Básicas y Cálculo Diferencial, lo que permite afirmar que el desempeño en la primera asignatura influye en el rendimiento en la segunda. Este hallazgo coincide con lo reportado por Hernández, Chávez y Márquez (**hernandez2021calculo**), quienes identificaron que los conocimientos previos en matemáticas constituyen un factor predictivo del desempeño en Cálculo Diferencial, reforzando la idea de que una base sólida en cursos introductorios es determinante para enfrentar con éxito materias de mayor complejidad.

Por otro lado, el hallazgo de dependencia entre el desempeño coincide con investigaciones que emplean la prueba χ^2 para analizar asociaciones académicas. Por ejemplo, Melgoza y Rodríguez (**melgoza2010actitudes**) reportaron relaciones significativas entre actitudes hacia las matemáticas y desempeño en materias del área, lo cual es congruente con el hecho de que el rendimiento en una asignatura inicial como Matemáticas Básicas pueda estar vinculado al éxito posterior en Cálculo.

De igual forma, Buendía, Colás y Hernández (**buendia1998metodos**) destacan la utilidad de herramientas estadísticas como la prueba de independencia para explorar patrones en el aprendizaje y su relación con factores contextuales. En línea con ello, los resultados del presente análisis confirman la pertinencia metodológica de este enfoque para identificar asociaciones en el ámbito educativo, específicamente en la formación matemática universitaria.

Finalmente, al considerar el contexto socioeducativo descrito en estudios previos (**Araiza2023; Carrillo2013**), se puede deducir que la relación encontrada entre Matemáticas Básicas y Cálculo diferencial también podría estar influida por factores externos, como el nivel socioeconómico o la preparación previa de los estudiantes. Si bien estos aspectos no fueron objeto directo de análisis en este trabajo, representan una línea de investigación complementaria que permitiría comprender con mayor profundidad los determinantes del rendimiento en matemáticas.

En conjunto, los resultados del presente estudio se articulan con la literatura existente, confirmando la importancia de las asignaturas básicas como predictor del éxito en cursos posteriores, y evidencian la necesidad de estrategias institucionales que fortalezcan los conocimientos iniciales de los estudiantes para favorecer su trayectoria académica en matemáticas.

Capítulo 6

Conclusiones

A partir del análisis realizado, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los resultados obtenidos mediante la prueba de independencia chi-cuadrado evidencian que existe una relación significativa entre el desempeño de Matemáticas Básicas y Cálculo Diferencial. Esto indica que el desempeño en la asignatura inicial influye en el rendimiento en el curso posterior, reforzando la importancia de consolidar los conocimientos básicos antes de avanzar a contenidos más complejos.
- El uso de la prueba chi-cuadrado se mostró adecuado para analizar relaciones entre variables categóricas en el contexto educativo, permitiendo identificar patrones de dependencia.
- Los resultados obtenidos brindan información útil para la planificación educativa, especialmente para estudiantes que presentan dificultades en Matemáticas Básicas. Fortalecer la base de conocimientos en asignaturas introductorias puede mejorar la trayectoria académica y reducir la deserción en cursos de matemáticas avanzadas.
- Finalmente, aunque este estudio se centró en la relación entre dos asignaturas, se reconoce que el rendimiento académico es un fenómeno multifactorial. Aspectos individuales, contextuales y pedagógicos también influyen en el éxito del estudiante, y constituyen áreas de investigación futura que podrían complementar los hallazgos presentados.

Apéndice A

Código Python para generación de gráficos de la subsección de Análisis Preliminar

A continuación se presenta el código en Python utilizado para generar los gráficos de distribución de las variables categóricas analizadas en esta investigación.

```
1 import pandas as pd
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 # Cargar los datos
5 datos = pd.read_excel("Data.xlsx")
6
7 # -- Gráfico de distribución por sexo --
8
9 # Contar la frecuencia de cada categoría en 'Sexo'
10 conteo = datos['Sexo'].value_counts()
11
12 # Crear gráfico de pastel
13 plt.figure(figsize=(6, 6))
14 plt.pie(conteo, autopct='%1.1f%%', startangle=90, colors=['#5F6C7B', '#81B29A'])
15 plt.title('Distribución porcentual por sexo')
16 plt.axis('equal')
17 plt.legend(conteo.index, loc='upper right')
18 plt.tight_layout()
19 plt.savefig('Sexo.png', dpi=300, bbox_inches='tight')
20 plt.show()
21
22 # -- Gráfico de distribución por licenciatura --
23
24 # Unificar etiqueta para 'Matemáticas Aplicadas'
25 datos['Licenciatura'] = datos['Licenciatura'].replace('Matemáticas A.', 'Matemáticas Aplicadas')
26
27 # Contar frecuencia por licenciatura
28 conteo = datos['Licenciatura'].value_counts()
29
30 plt.figure(figsize=(6, 6))
31 plt.pie(conteo, autopct='%1.1f%%', startangle=90,
32         colors=['#A6CEE3', '#1F78B4', '#08306B'])
33 plt.title('Distribución porcentual por licenciatura')
34 plt.axis('equal')
35 plt.legend(conteo.index, loc='upper right')
36 plt.tight_layout()
```

Código Python para generación de gráficos de la subsección de Análisis Preliminar

```
37 plt.savefig('Licenciatura.png', dpi=300, bbox_inches='tight')
38 plt.show()
39
40 # -- Agrupación de calificaciones y gráfico para Cálculo Diferencial --
41
42 # Definir función para agrupar calificaciones
43 def categorizar(c):
44     if c in [6, 7]:
45         return '6/7'
46     elif c == 8:
47         return '8'
48     elif c in [9, 10]:
49         return '9/10'
50     else:
51         return 'Otro'
52
53 # Aplicar función para crear nuevas columnas categóricas
54 datos['Basicas_cat'] = datos['Calf.Básicas'].apply(categorizar)
55 datos['Calculo_cat'] = datos['Calf. Cálculo'].apply(categorizar)
56
57 # Contar valores por categoría en calificaciones de cálculo
58 conteo = datos['Calculo_cat'].value_counts().reindex(['6/7', '8', '9/10'], fill_
    value=0)
59
60 # Graficar pastel
61 plt.figure(figsize=(6,6))
62 plt.pie(conteo, labels=conteo.index, autopct='%1.1f%%',
63         startangle=90, colors=['#CBDCE3', '#A6CEE3', '#1F78B4'])
64 plt.title('Relación porcentual por calificación en Cálculo Diferencial')
65 plt.axis('equal')
66 plt.legend(conteo.index, loc='upper right', bbox_to_anchor=(1.3, 0.8))
67 plt.tight_layout()
68 plt.savefig('CalfCalculo.png', dpi=300, bbox_inches='tight')
69 plt.show()
```

Listing A.1: Código Python para gráficos de distribución

Apéndice B

Código Python para generación de gráficos de la subsección de Análisis Definitivo

En este apéndice se presentan diversos gráficos que permiten observar la relación entre variables académicas y sociodemográficas de la muestra. Los gráficos fueron elaborados con Python, utilizando las librerías pandas, matplotlib, seaborn y statsmodels.

1. Gráfica de barras apiladas: distribución de calificaciones en Cálculo según categoría en Matemáticas Básicas

Se agruparon las calificaciones en tres categorías: 6/7, 8, y 9/10. Se construyó una tabla de contingencia con estas categorías para ambas materias y se graficó una barra apilada que muestra la distribución conjunta.

```
1 def categorizar(c):
2     if c in [6, 7]:
3         return '6/7'
4     elif c == 8:
5         return '8'
6     elif c in [9, 10]:
7         return '9/10'
8     else:
9         return 'Otro'
10
11 # Aplicar categorización
12 datos['Basicas_cat'] = datos['Calf.Básicas'].apply(categorizar)
13 datos['Calculo_cat'] = datos['Calf. Cálculo'].apply(categorizar)
14
15 # Tabla de contingencia
16 tabla = pd.crosstab(datos['Basicas_cat'], datos['Calculo_cat'])
17
18 # Reordenar índices para mejor visualización
19 tabla = tabla.reindex(index=['6/7', '8', '9/10'], columns=['6/7', '8', '9/10'],
20                        fill_value=0)
21
22 # Gráfica de barras apiladas
23 tabla.plot(kind='bar', stacked=True, figsize=(8,6), colormap='Blues')
plt.title('Distribución de calificaciones en Cálculo\nsegún categoría en Matemáticas Básicas')
```

```
24 plt.xlabel('Categoría en Matemáticas Básicas')
25 plt.ylabel('Número de estudiantes')
26 plt.legend(title='Cálculo')
27 plt.grid(axis='y', linestyle='--', alpha=0.6)
28 plt.tight_layout()
29 plt.savefig('barras_apiladas.png', dpi=300, bbox_inches='tight')
30 plt.show()
```

Listing B.1: Generación de la gráfica de barras apiladas y tabla de contingencia

2. Mapa de calor de frecuencias conjuntas

A partir de la tabla de contingencia anterior, se generó un mapa de calor para visualizar la intensidad de las frecuencias conjuntas.

```
1 plt.figure(figsize=(8, 6))
2 sns.heatmap(tabla, annot=True, fmt='d', cmap='Blues', linewidths=.5, square=True,
3             cbar_kws={"label": "Frecuencia"})
4 plt.title('Mapa de calor: Frecuencia conjunta\nCálculo vs Matemáticas Básicas')
5 plt.xlabel('Categoría en Cálculo')
6 plt.ylabel('Categoría en Matemáticas Básicas')
7 plt.tight_layout()
8 plt.savefig('heatmap.png', dpi=300, bbox_inches='tight')
9 plt.show()
```

Listing B.2: Mapa de calor de frecuencias conjuntas

3. Distribución de sexo según licenciatura

Se construyó una tabla de frecuencias cruzadas y un gráfico de barras agrupado para observar la distribución del sexo en las distintas licenciaturas.

```
1 tabla = pd.crosstab(datos['Licenciatura'], datos['Sexo'])
2
3 tabla.plot(kind='bar', figsize=(8,5), color=['#81B29A', '#5F6C7B'])
4 plt.title('Distribución de sexo según licenciatura')
5 plt.ylabel('Frecuencia')
6 plt.xticks(rotation=45)
7 plt.tight_layout()
8 plt.savefig('SexovsLicenciatura.png', dpi=300, bbox_inches='tight')
9 plt.show()
```

Listing B.3: Gráfico barras: sexo vs licenciatura

Apéndice C

Código en R para el análisis Chi-cuadrada

A continuación, se muestra el código utilizado para realizar el análisis de independencia entre calificaciones en Matemáticas Básicas y Cálculo:

```
1  # Agrupar calificaciones
2  datos$grupo_basicas <- cut(datos$calificacion_matematicas_basicas,
3                             breaks = c(0, 7, 8, 10),
4                             labels = c("6-7", "8", "9-10"),
5                             right = TRUE, include.lowest = TRUE)
6
7  datos$grupo_calculo <- cut(datos$calificacion_calculo,
8                             breaks = c(0, 7, 8, 10),
9                             labels = c("6-7", "8", "9-10"),
10                             right = TRUE, include.lowest = TRUE)
11
12  # Crear tabla de contingencia
13  tabla <- table(datos$grupo_basicas, datos$grupo_calculo)
14
15  # Prueba Chi-cuadrada
16  prueba <- chisq.test(tabla)
17
18  # Resultados
19  print(prueba)
```

Listing C.1: Código R para la prueba Chi-cuadrada

