

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**

**Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas  
Facultad de Humanidades y Ciencias**



**Tesis para la obtención del Grado Académico de  
Doctor en Educación en Ciencias Experimentales**

**Enseñanza de la estadística por aprendizaje basado en  
proyectos en estudiantes universitarios de la Universidad  
Nacional del Litoral (UNL)**

**Por**

*Diego C. Manni*

*Directoras*

**Phd Olga B Avila**

**Dra. Liliana Tauber**

**Departamento de Matemática - Facultad de Bioquímica y Ciencias  
Biológicas - Universidad Nacional del Litoral**

*Santa Fe, 2025*

## **Agradecimientos**

---

*Este trabajo llega a su fin, y con él, la oportunidad de agradecer a las personas que lo hicieron posible.*

*Quiero comenzar por quienes son mi motor y mi refugio: mi familia. A mi esposa Yanina, por su amor incondicional, por sostenerlo todo mientras yo me perdía entre datos y lecturas, y por recordarme siempre que había un mundo más allá de esto. A mi hija Amparo, cuya sonrisa y energía fueron siempre el recordatorio más hermoso de por qué valía la pena el esfuerzo... A mis viejos, por estar siempre, en las buenas y en las malas, brindándome su apoyo y contención incondicional desde el primer día. Su confianza en mí ha sido mi mayor fortaleza*

*En el plano académico, mi gratitud infinita para mis directoras, Olga y Liliana. Su guía experta, su sabiduría y su capacidad para orientarme en los momentos de incertidumbre fueron cruciales para dar forma a este trabajo. Gracias por enseñarme a ser un mejor investigador y por confiar en mi trabajo en todo momento.*

*A mis compañeros de ruta del trabajo, Euge, Flor, Guille y Magui. Gracias por el aguante, sobre todo, por su infinita comprensión ante las ausencias y la dedicación que este proyecto exigió.*

*Finalmente, a las instituciones de la Universidad Nacional del Litoral que posibilitaron el desarrollo del presente estudio, concretamente, a la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (FBCB) y a la Facultad de Humanidades y Ciencias (FHUC).*

*A todos ellos, simplemente, MUCHAS GRACIAS. Este logro les pertenece tanto como a mí.*

## *Listado de publicaciones derivadas del trabajo de tesis*

---

### Capítulo de libro

Manni, D., Contini, L., Avila, O., & Berta, E. (2022). Enseñanza por proyecto en el aula de estadística. En *Enseñanza interdisciplinaria de las ciencias. Matices para el aula* (pp. 108–120). Ediciones UNL / Cátedra Interfaces.

[https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/6766/Ense%C3%b1anza\\_Vaira-Walz\\_AA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/6766/Ense%C3%b1anza_Vaira-Walz_AA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

### Artículos

Ávila, O., Contini, L., D'Iorio, S., Walz, F., Berta, E., & Manni, D. (2022). Rendimiento académico en estadística, ¿cómo impactan en él las distintas estrategias de enseñanza según los planes de estudio? *Revista Binacional Brasil Argentina: Diálogo entre as Ciências*, 11(2), 82–97. <https://doi.org/10.22481/rbba.v11i02.11582>

Manni, D., Berta, E., Vaira, S., Blosio, G., & Ávila, O. (2020). Enseñanza de ANOVA a través de un proyecto de investigación. *Revista Cenas Educacionais*, 3(6), 1–14.

# ÍNDICE

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introducción.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>Capítulo I.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>Planteamiento del problema.....</b>   | <b>3</b>  |
| 1.1. Introducción.....   | 3         |
| 1.2. Nuestro contexto Académico.....   | 3         |
| 1.3. Educación Estadística: Una mirada reflexiva.....  | 5         |
| 1.4. Educación Estadística: algunas propuestas.....  | 6         |
| 1.4.1. Algunos modelos para la enseñanza de la estadística.....  | 7         |
| 1.4.1.1. Modelo PPDAC (Problema, Plan, Datos, Análisis y Conclusiones).....  | 7         |
| 1.4.1.2. El modelo GAISE.....  | 8         |
| 1.4.1.3. Enfoque por proyectos.....  | 10        |
| 1.5. El Razonamiento Estadístico.....  | 11        |
| 1.6. Importancia de la Inferencia Estadística.....   | 12        |
| 1.7. Razonamiento Inferencial Informal.....  | 13        |
| 1.8. Razonamiento Inferencial Formal.....  | 13        |
| 1.9. Diferencias y Similitudes entre RII y RIF.....  | 14        |
| 1.10. Evaluación del Razonamiento Inferencial Formal.....  | 14        |
| 1.11. Definición del problema de investigación.....  | 15        |
| 1.12. Conclusiones del Capítulo I.....   | 16        |
| <b>Capítulo II.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>Revisión de Antecedentes.....</b>   | <b>17</b> |
| 2.1. Introducción.....   | 17        |
| 2.2. Investigaciones sobre enseñanza de la estadística utilizando proyectos.....   | 17        |
| 2.3. Conclusiones del Capítulo II.....   | 22        |
| <b>Capítulo III.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>Marco Teórico.....</b>  | <b>23</b> |
| 3.1. Introducción.....   | 23        |
| 3.2. Aprendizaje Basado en Proyectos: Una Mirada Pedagógica Centrada en el Estudiante..  | 23        |
| 3.3. Lineamientos para la Enseñanza de la Estadística por Proyectos.....   | 24        |
| 3.4. Los Proyectos y su relación con teorías de aprendizaje.....   | 25        |
| 3.5. Razonamiento y conocimiento estadístico: relaciones entre conceptos.....  | 25        |
| 3.6. Importancia de la Inferencia estadística: desde la informalidad a la formalidad.....  | 29        |
| 3.7. Problemas observados al momento de realizar Inferencias Estadísticas.....   | 31        |
| 3.8. Desarrollo de un marco teórico para analizar las diferentes componentes del razonamiento estadístico en el análisis de datos..... | 34        |
| 3.9. Alfabetización Estadística en contextos de cuestionamiento.....   | 35        |
| 3.9.1. Componentes de conocimiento:.....   | 35        |
| 3.9.1.1. Habilidades de Alfabetización (Elemento C1):.....   | 35        |
| 3.9.1.2. Conocimiento estadístico (Elemento C2):.....  | 36        |
| 3.9.1.3. Conocimiento matemático básico (Elemento C3).....   | 36        |
| 3.9.1.4. Conocimiento Base del mundo o del Contexto (Elemento C4).....   | 36        |
| 3.9.1.5. Habilidades críticas (Elemento C5).....   | 37        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.9.2. Elementos disposicionales.....  | 37        |
| 3.9.2.1. Postura crítica (Elemento D1).....  | 37        |
| 3.9.2.2. Creencias y Actitudes (Elemento D2).....  | 38        |
| 3.10.1. Elementos del Razonamiento Inferencial Informal.....   | 38        |
| 3.10.2. Componentes del razonamiento inferencial informal.....   | 39        |
| 3.11.1. Evaluación del Razonamiento Inferencial Formal.....  | 42        |
| 3.12.1. Interrelación entre los diferentes elementos del modelo.....   | 45        |
| 3.13. Objetivos de la investigación.....   | 48        |
| 3.13.1. Objetivo general.....  | 48        |
| 3.13.2. Objetivos específicos.....   | 48        |
| <b>Capítulo IV.....</b>  | <b>50</b> |
| <b>Diseño Metodológico.....</b>  | <b>50</b> |
| 4.1. Introducción.....   | 50        |
| 4.2. Estrategia Metodológica.....  | 50        |
| 4.3. Estructura del Diseño de Investigación.....   | 51        |
| 4.3.1 Estructura y diseño del Proyecto.....  | 51        |
| 4.3.2. Implementación del Proyecto en el Aula.....   | 53        |
| 4.3.2.1. Modalidad de las entregas.....  | 55        |
| 4.3.3. Población, muestra y unidad de análisis.....  | 55        |
| 4.3.3.1. Población.....  | 55        |
| 4.3.3.2. Determinación del tamaño muestral.....  | 55        |
| 4.3.3.3. Unidad de análisis.....   | 56        |
| 4.3.3.4. Técnicas de análisis de datos.....  | 56        |
| 4.4. Conclusiones del Capítulo IV.....   | 57        |
| <b>Capítulo V.....</b>   | <b>58</b> |
| <b>Análisis de los elementos de conocimiento y razonamiento presentes en los objetivos del proyecto.....</b> | <b>58</b> |
| 5.1. Introducción.....   | 58        |
| 5.2. Integración de los objetivos del proyecto con los del presente estudio.....                             | 58        |
| 5.3. Análisis previo de los objetivos del proyecto.....  | 62        |
| 5.3.1. Objetivo 1 / Parte I.....   | 62        |
| 5.3.1.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis:.....                                     | 62        |
| 5.3.1.2. Resultados y discusión:.....  | 63        |
| 5.3.1.3. Conclusión.....   | 64        |
| 5.3.2. Objetivo 2 / Parte I.....   | 64        |
| 5.3.2.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis:.....                                     | 65        |
| 5.3.2.2. Resultados y Discusión.....   | 65        |
| 5.3.2.3. Conclusión.....   | 66        |
| 5.3.3. Objetivo 3 / Parte I.....   | 67        |
| 5.3.3.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis:.....                                     | 67        |
| 5.3.3.2. Resultados y Discusión.....   | 68        |
| 5.3.3.3. Conclusión.....   | 68        |
| 5.3.4. Objetivo 1 / Parte II.....  | 69        |
| 5.3.4.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis.....                                      | 70        |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.3.4.2. Resultados y Discusión.....  | 70        |
| 5.3.4.3. Respuesta Integrada.....   | 72        |
| 5.3.4.4. Conclusión.....  | 73        |
| 5.3.5. Objetivo 2 / Parte II.....   | 73        |
| 5.3.5.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis:.....                            | 74        |
| 5.3.5.2. Resultados y discusión.....  | 74        |
| 5.3.5.3. Conclusión.....  | 76        |
| 5.3.5.4. Respuesta Integrada.....   | 77        |
| 5.3.5.5. Verificación de supuestos.....   | 78        |
| 5.3.5.6. Conclusión.....  | 78        |
| 5.3.6. Objetivo 3 / Parte II.....   | 78        |
| 5.3.6.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis:.....                            | 79        |
| 5.3.6.2. Conclusión.....  | 81        |
| 5.4. Conclusiones del Capítulo V.....   | 82        |
| <b>Capítulo VI.....</b>   | <b>83</b> |
| <b>Análisis y Discusión de Resultados.....</b>  | <b>83</b> |
| 6.1. Introducción.....  | 83        |
| 1. Análisis general del desempeño.....  | 83        |
| 3. Exploración de interacciones entre elementos.....  | 83        |
| 6.2. Consideraciones del Análisis de Contenido de las resoluciones.....                             | 84        |
| 6.2.1. Criterios del análisis de contenido.....   | 84        |
| 6.2.2. Niveles de expresión por indicador.....  | 84        |
| 6.3. Análisis de los elementos observados para el objetivo 1.....                                   | 85        |
| 6.3.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Nutrición.....                  | 85        |
| 6.3.1.1. Generalidades del desempeño.....   | 85        |
| 6.3.1.2. Identificación de perfiles de estudiantes.....   | 86        |
| 6.3.1.3. Análisis de una justificación del “Perfil A” de estudiantes.....                           | 87        |
| 6.3.1.4. Errores o dificultades identificados en el “Perfil A” de estudiantes.....                  | 88        |
| 6.3.1.5. Análisis de una justificación del “Perfil B” de estudiantes.....                           | 89        |
| 6.3.1.6. Errores o dificultades identificados en el “Perfil B” de estudiantes.....                  | 90        |
| 6.3.1.7. Análisis de una justificación del “Perfil C” de estudiantes.....                           | 91        |
| 6.3.1.8. Errores o dificultades identificados en el “Perfil C” de estudiantes.....                  | 92        |
| 6.3.1.9. Análisis de las relaciones entre los elementos de conocimiento y de razonamiento.....      | 93        |
| 6.3.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica..... | 93        |
| 6.3.2.1. Generalidades del desempeño.....   | 93        |
| 6.3.2.2. Identificación de perfiles de estudiantes.....   | 95        |
| 6.3.2.3. Análisis de una justificación del “Perfil A” de estudiantes.....                           | 97        |
| 6.3.2.4. Errores o dificultades identificados en el “Perfil A” de estudiantes.....                  | 98        |
| 6.3.2.5. Análisis de una justificación del “Perfil B” de estudiantes.....                           | 98        |
| 6.3.2.6. Errores o dificultades identificados en el “Perfil B” de estudiantes.....                  | 100       |
| 6.3.2.7. Análisis de una justificación del “Perfil C” de estudiantes.....                           | 102       |
| 6.3.2.8. Errores o dificultades identificados en el “Perfil C” de estudiantes.....                  | 103       |
| 6.3.2.9. Análisis de las relaciones entre los elementos de conocimiento y de razonamiento.....      | 103       |

|  |     |
|--|-----|
| 6.4. Análisis de los elementos observados para el objetivo 2.....  | 103 |
| 6.4.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Nutrición.....                             | 104 |
| 6.4.1.1. Generalidades del desempeño.....  | 104 |
| 6.4.1.2. Identificación de perfiles de estudiantes.....  | 106 |
| 6.4.1.3. Análisis de una justificación del “Perfil A” de estudiantes.....                                      | 107 |
| 6.4.1.4. Errores o dificultades identificados en el “Perfil A” de estudiantes.....                             | 108 |
| 6.4.1.5. Análisis de una justificación del “Perfil B” de estudiantes.....                                      | 109 |
| 6.4.1.6. Errores o dificultades identificados en el “Perfil B” de estudiantes.....                             | 111 |
| 6.4.1.7. Análisis de una justificación del “Perfil C” de estudiantes.....                                      | 112 |
| 6.4.1.8. Errores o dificultades identificadas en el “Perfil C” de estudiantes.....                             | 114 |
| 6.4.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica                 |     |
| 6.4.2.1. Generalidades del desempeño.....  | 114 |
| 6.4.2.2. Identificación de perfiles de estudiantes.....  | 116 |
| 6.4.2.3. Análisis de una justificación del “Perfil A” de estudiantes.....                                      | 118 |
| 6.4.2.4. Errores o dificultades identificados en el “Perfil A” de estudiantes.....                             | 119 |
| 6.4.2.5. Análisis de una justificación del “Perfil B” de estudiantes.....                                      | 119 |
| 6.4.2.6. Errores o dificultades identificados en el “Perfil B” de estudiantes.....                             | 120 |
| 6.4.2.7. Análisis de una justificación del “Perfil C” de estudiantes.....                                      | 121 |
| 6.4.2.8. Errores o dificultades identificados en el “Perfil C” de estudiantes.....                             | 122 |
| 6.4.2.9. Análisis de las relaciones entre los elementos de conocimiento y de razonamiento.                     | 122 |
| 6.5. Análisis de los elementos observados para el objetivo 3.....  | 123 |
| 6.5.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Nutrición.....                             | 124 |
| 6.5.1.1. Generalidades del desempeño.....  | 124 |
| 6.5.1.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de licenciatura en Nutrición.....                  | 127 |
| 6.5.1.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en este grupo de estudiantes.....       | 128 |
| 6.5.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica.....            | 129 |
| 6.5.2.1. Generalidades del desempeño.....  | 129 |
| 6.5.2.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica..... | 131 |
| 6.5.2.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en este grupo de estudiantes.....       | 132 |
| 6.5.2.4. Análisis de las relaciones entre los elementos de conocimiento y de razonamiento.                     | 132 |
| 6.6. Análisis de los elementos observados para el objetivo 1 de la parte II del Proyecto.....                  | 133 |
| 6.6.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de Licenciatura en Nutrición.....                             | 133 |
| 6.6.1.1. Generalidades del desempeño.....  | 133 |
| 6.6.1.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de Licenciatura en Nutrición.....                  | 135 |
| 6.6.1.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en este grupos de estudiantes.....      | 137 |
| 6.6.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica                 |     |
| 6.6.2.1. Generalidades del desempeño.....  | 137 |
| 6.6.2.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica..... | 139 |

|  |            |
|--|------------|
| 6.6.2.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en este grupos de estudiantes.....  | 139        |
| 6.7. Análisis de los elementos observados para el objetivo 2 de la parte II del Proyecto.....  | 140        |
| 6.7.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de Licenciatura en Nutrición.....   | 140        |
| 6.7.1.1. Generalidades del desempeño.....  | 140        |
| 6.7.1.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de Licenciatura en Nutrición.....  | 142        |
| 6.7.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica.....  | 143        |
| 6.7.2.1. Generalidades del desempeño.....  | 143        |
| 6.7.2.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica.....   | 145        |
| 6.7.2.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en los estudiantes de Lic. en Nutrición y Lic. en Biotecnología y Bioquímica al resolver el objetivo 5..... | 146        |
| 6.8. Análisis de los elementos observados para el objetivo 3 de la parte II del Proyecto.....  | 146        |
| 6.8.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de Licenciatura en Nutrición.....   | 146        |
| 6.8.1.1. Generalidades del desempeño.....  | 146        |
| 6.8.1.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de Licenciatura en Nutrición.....  | 148        |
| 6.8.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica.....  | 150        |
| 6.8.2.1. Generalidades del desempeño.....  | 150        |
| 6.8.2.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica.....   | 151        |
| 6.8.2.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en los estudiantes de Lic. en Nutrición y Lic. en Biotecnología y Bioquímica al resolver el objetivo 6..... | 152        |
| 6.9. Comparaciones entre los trayectos formativos de las tres carreras analizadas.....   | 152        |
| <b>Capítulo VII.....</b>   | <b>155</b> |
| <b>Conclusiones.....</b>   | <b>155</b> |
| 7.1. Introducción.....   | 155        |
| 7.2. Conclusiones respecto a los objetivos específicos del estudio.....  | 155        |
| 7.2.1. Conclusiones respecto al primer objetivo específico.....  | 155        |
| 7.2.2. Conclusiones respecto al segundo objetivo específico.....   | 156        |
| 7.2.3. Conclusiones respecto al tercer objetivo específico.....  | 159        |
| 7.2.4. Conclusiones respecto al cuarto objetivo específico.....  | 161        |
| 7.2.5. Conclusiones respecto al quinto objetivo específico.....  | 162        |
| 7.2.6. Conclusiones respecto al objetivo general.....  | 162        |
| 7.3. Aportes de nuestro estudio.....   | 164        |
| 7.4. Alcances y limitaciones del estudio.....  | 164        |
| <b>Referencias Bibliográficas.....</b>   | <b>166</b> |
| <b>Anexo.....</b>  | <b>174</b> |

## **Abreviaturas y Símbolos**

---

AE: Alfabetización estadística  
ANOVA: Análisis de la varianza  
B: Bioquímica  
C1: Habilidades de alfabetización  
C2: Conocimiento estadístico  
C3: Conocimiento matemático básico  
C4: Conocimiento base del mundo o del contexto  
C5: Habilidades críticas  
CI: Conocimiento informal  
D1+D2: Postura y actitudes críticas  
FBCB: Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas  
IE: Inferencia estadística  
LB: Licenciatura en Biotecnología  
LN: Licenciatura en Nutrición  
M1: Evaluación  
M2: Referencias  
PAS: Presión arterial sistólica  
PE: Pensamiento estadístico  
R1: Generación de hipótesis  
R2: Resumen  
R3: Señal  
R4: Ruido  
R5: Muestreo  
R6: Fundamentación  
R7: Casos particulares  
RE: Razonamiento estadístico  
RF1: Identificación  
RF2: Lenguaje y Restricciones  
RF3: Toma de decisión  
RII: Razonamiento inferencial informal  
RIF: Razonamiento inferencial formal  
SM: Síndrome Metabólico  
TG: Triglicéridos

## Resumen

---

La necesidad de indagar sobre las problemáticas asociadas a la comprensión de los conceptos estocásticos que evidenciaban los estudiantes nos llevó a reflexionar sobre nuestra propuesta de enseñanza. Como respuesta, diseñamos e implementamos en la asignatura Estadística —dictada en tres carreras de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas— una estrategia de enseñanza basada en proyectos, la cual fue implementada de manera paralela al cursado de dicha asignatura.

Con el objetivo de evaluar esta propuesta, se analizaron los niveles de alfabetización estadística que los estudiantes evidenciaron al resolver las actividades planteadas en los objetivos propuestos por el proyecto. El análisis se realizó considerando tres dimensiones: alfabetización estadística, razonamiento inferencial informal y razonamiento inferencial formal.

El análisis de contenido, realizado sobre una muestra aleatoria de 51 grupos de estudiantes de las tres carreras, mostró como principal fortaleza un sólido desarrollo de habilidades de alfabetización, de conocimientos estadísticos y matemáticos. Estos conocimientos favorecieron el desarrollo de habilidades cognitivas vinculadas al razonamiento inferencial, tanto informal como formal. No obstante, los resultados también evidenciaron cierta disociación entre el dominio técnico y el desarrollo de habilidades críticas y la capacidad de conectar los resultados con el contexto.

La evaluación de la estrategia de enseñanza basada en proyectos arrojó un balance positivo, aunque con algunos matices que deberían tenerse en cuenta para futuras implementaciones.

### *Abstract*

The need to investigate the difficulties associated with students' understanding of stochastic concepts led us to reflect on our teaching approach. In response, we designed and implemented in the Statistics course —taught in three degree programs at the Faculty of Biochemistry and Biological Sciences— a project-based teaching strategy, which was carried out in parallel with the regular course.

To evaluate this proposal, we analyzed the levels of statistical literacy that students demonstrated when solving the activities included in the objectives of the project. The analysis was conducted considering three dimensions: statistical literacy, informal inferential reasoning, and formal inferential reasoning.

The content analysis, based on a random sample of 51 student groups from the three degree programs, revealed as a main strength the solid development of literacy skills as well as statistical and mathematical knowledge. This knowledge fostered the development of cognitive skills related to both informal and formal inferential reasoning. However, the results also showed a certain disconnection between technical proficiency and the development of critical skills and the ability to connect results with context.

The evaluation of the project-based teaching strategy yielded an overall positive balance, although with some aspects that should be taken into account for future implementations.

## **Introducción**

---

En la actualidad, la educación se enfrenta a demandas sociales centradas principalmente en preparar a los futuros profesionales para una exitosa inserción en un mercado laboral, no solo cada vez más competitivo y exigente, sino también en constante evolución. Esta demanda formativa se centra principalmente en el desarrollo de habilidades y competencias transversales, tales como, el pensamiento crítico, capacidad de resolución de problemas, creatividad, aprendizaje continuo y la adaptabilidad a entornos cambiantes. Estas habilidades son esenciales para alcanzar el éxito laboral y son altamente valoradas por los empleadores actuales.

Las universidades, en su rol de configuración de la matriz formativa de los futuros profesionales, no pueden obviar esta perspectiva. Por tanto, consideramos relevante el diseño de planes de estudio que contemplen la implementación de estrategias didácticas que posibiliten a los estudiantes alcanzar no solo, un aprendizaje integral de los contenidos, sino también, el desarrollo de habilidades clave para su correcto desarrollo profesional.

Por otro lado, en los últimos años, la Estadística ha adquirido una creciente relevancia tanto en la vida cotidiana como profesional y su enseñanza se ha vuelto esencial en casi todos los niveles educativos. Esta relevancia se debe principalmente a que la misma provee los métodos necesarios para la recolección, análisis e interpretación de datos, lo que resulta crucial para obtener conclusiones y tomar decisiones basadas en información sobre poblaciones o procesos, es decir, provee los recursos necesarios para transformar la información en conocimiento con el fin de generar nuevas formas de entender la realidad.

Este contexto nos llevó a reflexionar sobre los propósitos de aprendizaje para el área de la Estadística, centrando nuestra atención en la necesidad de actualización de nuestra propuesta de enseñanza de manera de contribuir al desarrollo de procesos de razonamientos consistentes con una adecuada alfabetización estadística en nuestros estudiantes.

Como resultado de esta mirada reflexiva y en línea con las nuevas tendencias en educación estadística, hemos pasado de un enfoque tradicional basado en la memorización de ecuaciones y procedimientos para la resolución de problemas estandarizados, a uno centrado en priorizar el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la capacidad de trabajar con datos reales en contextos concretos. Este nuevo enfoque, intenta proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para analizar y comprender la información de manera clara y efectiva, permitiéndoles construir procesos de toma de decisiones basados en información.

En esta línea de innovación pedagógica, se encuentra la metodología de enseñanza basada en proyectos.

El análisis de la literatura muestra que este tipo de enfoque puede mejorar de manera significativa la capacidad del estudiantado para desarrollar un razonamiento estadístico apropiado, al analizar datos de manera crítica, comprender las limitaciones de los procedimientos estadísticos utilizados, hacerse preguntas relevantes sobre los datos, identificar patrones, tendencias, desarrollar hipótesis y diseñar experimentos para ponerlas a prueba y, finalmente, comunicar resultados de manera clara y concisa.

Esta nueva mirada sobre nuestro quehacer docente nos ha llevado a plantearnos las preguntas de investigación que nos permitan obtener información sobre las relaciones entre elementos de conocimiento y de razonamiento, que ponen en evidencia los estudiantes de tres carreras de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, al resolver un proyecto que involucre el análisis de datos.

Para una mejor organización, hemos dividido este informe en siete capítulos, mediante los cuales realizaremos un recorrido de las diferentes etapas del trabajo, que nos llevaron al logro de nuestros objetivos de investigación.

En el primer capítulo *-Planteamiento del problema-*, realizamos una descripción de cuáles fueron los principales cuestionamientos que nos llevaron a enfocar nuestra investigación hacia esta metodología en particular. Desarrollaremos también, una descripción del contexto en el cual hemos elaborado nuestro trabajo y los interrogantes que fueron los disparadores para la elaboración de nuestras preguntas de investigación.

En el segundo capítulo *-Revisión de Antecedentes-* realizaremos una revisión de la actualidad en el tema, analizaremos cuales son los principales referentes en educación por proyecto y las principales corrientes de aplicación de esta metodología. En el mismo sentido indagaremos entre los principales referentes sobre el razonamiento estadístico y cuales son los marcos teóricos sobre los que se sustenta este análisis.

En el tercer capítulo *-Marco Teórico-* describiremos el sustento teórico de este trabajo. Realizaremos un análisis de las principales vertientes teóricas tanto para enseñanza por proyecto como para el análisis e interpretación de los elementos de conocimiento y de razonamiento estadístico que los estudiantes de nuestras carreras ponen en evidencia al resolver ciertas situaciones vinculadas a la Inferencia Estadística.

El cuarto capítulo *-Diseño metodológico-*, está destinado a la descripción de la metodología empleada en el presente trabajo. En él se presenta la arquitectura de la investigación, detallando el enfoque, los participantes, los instrumentos y las técnicas de análisis de datos que guiaron el desarrollo empírico del estudio para alcanzar sus objetivos.

En el quinto capítulo *-Análisis de los elementos de conocimiento y razonamiento presentes en los objetivos del proyecto-* se desarrolla un análisis a priori de los objetivos del proyecto. Se describe cada tarea, se elabora una resolución "óptima" y se delimitan los elementos de conocimiento y razonamiento esperados en las respuestas de los estudiantes, sentando las bases para la construcción de la base de datos final.

El Capítulo VI *-Análisis y Discusión de Resultados-* nos permite presentar el análisis de los abordajes de cada objetivo del proyecto que hemos obtenido de los estudiantes que han participado en este estudio. En este apartado se describen y discuten los elementos de conocimiento y razonamiento evidenciados por los estudiantes, identificando perfiles de desempeño, errores recurrentes y las interacciones entre los distintos componentes.

Finalmente, en el séptimo capítulo *-Conclusiones-* se presentan las conclusiones obtenidas en función de los objetivos de investigación propuestos. En este capítulo presentaremos también los principales alcances y limitaciones que hemos considerado para el presente estudio.

# Capítulo I

## *Planteamiento del problema*

---

### 1.1. Introducción

La necesidad de indagar sobre las problemáticas asociadas a la comprensión de los conceptos estocásticos que evidenciaban nuestros estudiantes, tanto al momento de cursar la asignatura Estadística, como al resolver situaciones relacionadas con los trabajos de investigación a los que se enfrentan al finalizar sus estudios, nos llevó a adoptar una postura reflexiva sobre nuestras propuestas de enseñanza.

Esta mirada reflexiva nos sirvió de fundamento para el planteamiento de nuestras preguntas de investigación, las cuales, a su vez, nos condujeron en primer lugar a la exploración de propuestas de enseñanzas apartadas de una mirada clásica, que buscaran promover el pensamiento y el razonamiento estadístico y, en segundo lugar, a desarrollar los mecanismos que nos permitieran evaluar dicha propuesta.

En este capítulo, en un primer momento, haremos una descripción del contexto en el cual desarrollamos nuestras actividades como docentes, luego describiremos las propuestas de enseñanza que, a nuestro entender, son las que emergen con mayor relevancia y estudio en la literatura académica. Posteriormente, nos enfocaremos en describir el razonamiento estadístico, su importancia y los aportes que algunos referentes del área han propuesto para su evaluación. Finalmente, definiremos nuestro problema de investigación.

### 1.2. Nuestro contexto Académico

El entendimiento del contexto en el cual se enmarca nuestra investigación, resulta de vital importancia al momento de definir los elementos prioritarios que se tuvieron en cuenta para dar respuesta a nuestros interrogantes. Factores como cantidad de alumnos, diversidad de carreras, carga horaria, unidades temáticas, entre otros, modelaron o sirvieron de directrices para la adopción de nuestras estrategias de investigación.

El presente estudio se centra íntegramente en el desarrollo de la asignatura Estadística, la cual se inserta en el segundo año del plan de estudios para las carreras de Licenciatura en Biología (LB), Licenciatura en Nutrición (LN) y Bioquímica (B). Estas tres carreras de grado se dictan en la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral (FBCB-UNL) y comparten el cursado de la asignatura durante el segundo cuatrimestre.

El programa temático de la asignatura es el mismo para las tres carreras mencionadas e incluye los siguientes conceptos estadísticos: Estadística descriptiva, Probabilidad, Funciones de probabilidad discretas y continuas (generalidades), Distribuciones muestrales (generalidades), Estimación de parámetros poblacionales a través de intervalos de confianza (de una y dos medias independientes y dependientes, de una y dos proporciones independientes, de la varianza y del cociente de varianzas), pruebas de hipótesis paramétricas (de una media frente a un valor, para la igualdad de dos medias independientes y dependientes, de una proporción frente a un valor y para la igualdad de dos proporciones independientes), prueba Chi-cuadrada para independencia de variables

categóricas, análisis de la varianza (ANOVA), diseño unifactorial completamente aleatorizado (incluyendo las pruebas de testeo requeridas para la verificación de los supuestos de esta técnica y las pruebas de hipótesis a posteriori), Regresión lineal simple (modelización para la predicción y estimación), Correlación y Regresión lineal múltiple (generalidades).

El diseño curricular de la asignatura comprende una carga horaria total de 60 horas, que se distribuyen a lo largo de 15 semanas de cursado, con 4 horas semanales de clases, que se dividen en 2 horas de clases teóricas y 2 horas de clases destinadas a la resolución de trabajos prácticos. En este sentido, hasta el año 2019, tanto las clases teóricas como las de resolución de trabajos prácticos se organizaban de una manera muy tradicional, es decir, en las clases teóricas el docente desarrollaba y explicaba los contenidos, mientras en las clases prácticas, esos contenidos eran abordados por medio de la resolución de guías de problemas, previamente establecidos y en la mayoría de los casos, extraídos de la literatura.

La asignatura está pensada para un cursado presencial y contempla la promoción a través de dos exámenes parciales escritos (con un mínimo de 60 puntos sobre un total de 100 en cada uno de ellos) y, actualmente, se incluye la aprobación de un proyecto que se distribuye en etapas a lo largo del cursado de la asignatura. La descripción, alcance y características del proyecto y cada etapa serán analizados en el cuarto capítulo del presente trabajo.

Un aspecto relevante a destacar son las asignaturas que comparten el cursado con Estadística durante el cuatrimestre, entre ellas se encuentran: Química Orgánica II, Física II y Química Analítica I para las carreras de B y LB, y Química Biológica, Anatomía e Histología y Nutrición en Salud Pública para LN. Estas materias son de cursado cuatrimestral y contemplan una carga horaria total de 120 hs cada una, con excepción de Nutrición en Salud Pública, que posee una carga horaria total de 60 hs.

Respecto a la cantidad de alumnos que cursan la asignatura, podemos decir que el mismo es bastante elevado y esto se encuentra relacionado al hecho de que la misma se ubica en los primeros años de las tres carreras. Si bien el número de alumnos varía anualmente y de carrera en carrera, podemos decir que en los últimos 5 años han cursado, en promedio, 95 alumnos para LN y 110, entre las carreras de LB y B.

Por otro lado, también resulta relevante destacar que, para finalizar sus estudios y obtener su grado académico, los alumnos de las carreras de LB y LN deben realizar un trabajo final de investigación. Este trabajo debe seguir ciertos lineamientos previamente estipulados y contemplar los diferentes pasos de un proceso de investigación, es decir, identificación de un problema, formulación de hipótesis y objetivos de investigación, diseño de una estrategia de investigación, relevamiento de datos, análisis de los resultados y finalmente, discusión y conclusiones de los resultados obtenidos.

Este contexto, junto a otras problemáticas que evidenciamos anualmente, como el bajo número de alumnos que lograban la promoción de la asignatura y la gran cantidad de consultas que realizan los alumnos al momento de comenzar con el análisis de los datos en sus trabajos finales, contribuyeron a adoptar una mirada introspectiva sobre nuestras prácticas docentes.

### 1.3. Educación Estadística: Una mirada reflexiva

Durante muchos años, la enseñanza de la Estadística se ha desarrollado bajo metodologías propias de la enseñanza de la matemática incluso, es muy común observar que el docente responsable del curso de estadística sea un licenciado en matemática. La matemática, es una disciplina de naturaleza netamente determinística, de manera que erróneamente se ha pretendido que la enseñanza de la Estadística adopte también este carácter (Zapata Cardona, 2011; Santoyo Telles, 2020). Esta impronta determinística ha influido en la manera en que los conceptos estadísticos se presentan a los estudiantes, los cuales, bajo este paradigma, se entrena para resolver problemas estadísticos de una manera similar a cómo resolvería un problema matemático, aplicando una serie de pasos definidos que conducen a una única solución correcta. Este enfoque, aunque valioso para desarrollar una comprensión sólida de los métodos estadísticos, puede limitar la capacidad de los estudiantes para aplicar estos conceptos en escenarios más complejos y realistas, signados por la incertidumbre y la variabilidad.

En este contexto, en las últimas décadas, ha surgido un reconocimiento creciente de la necesidad de diferenciar la enseñanza de la Estadística de la Matemática, adoptando perspectivas que reflejen mejor su naturaleza probabilística. Este cambio está teniendo lugar actualmente y se dirige hacia la implementación de estrategias de enseñanza centradas en la interpretación de datos, la toma de decisiones bajo incertidumbre y la comprensión de conceptos como la variabilidad y la aleatoriedad. Estas nuevas metodologías, tienen como principal objetivo movilizar al estudiante desde un lugar de resolución de ejercicios estandarizados, casi siempre extraídos de la literatura, a un entorno mucho más realista y contextualizado.

En línea con lo anterior, en 1997, David S. Moore promovió la idea de que la Estadística debe ser enseñada como una ciencia empírica y aplicada en lugar de ser una mera extensión de las matemáticas. En este sentido, propuso una serie de reformas para la enseñanza de la Estadística con el objetivo de modernizarla y hacerla más efectiva. Es así que, en primer lugar, sugirió enfocar su enseñanza en el desarrollo del pensamiento estadístico y la comprensión conceptual, en lugar de centrarse exclusivamente en técnicas de cálculo. Además, promovió el uso de herramientas tecnológicas para facilitar la visualización y el análisis de datos, y abogó por el aprendizaje utilizando datos reales para hacer la enseñanza más relevante y aplicable. También enfatizó la importancia de enfocarse en la variabilidad y la incertidumbre inherentes a los datos, y cómo gestionarlas. Estas propuestas tenían un claro objetivo: preparar a los estudiantes para aplicar la Estadística de manera efectiva en sus disciplinas y en la toma de decisiones diarias.

Casi de manera paralela a Moore, Wild & Pfannkuch (1999) realizaron un estudio (que retomaremos más adelante), en el cual analizaron en profundidad cómo razonan los profesionales dedicados a la Estadística. Este estudio reveló que el tipo de razonamiento que siguen estos profesionales dista mucho del que se puede encontrar en una clase tradicional de Estadística. En este sentido, se encontró que los estadísticos profesionales valoran el proceso como un todo, es decir, interpretan el proceso desde el planteamiento del problema hasta la comunicación de las soluciones. De lo anterior se puede deducir que una clase de Estadística que se centre en la enseñanza de técnicas y procedimientos, difícilmente podrá promover la comprensión del contexto y el desarrollo de esta forma de pensamiento.

Desde las reformas promovidas por Moore y el estudio de Wild y Pfannkuch las diferentes líneas de investigaciones en educación estadística que se han ido desarrollando en los últimos años comparten un interés y necesidad común: *lograr un cambio en el enfoque de la enseñanza de la Estadística*. Este punto en común ha permitido generar alternativas pedagógicas basadas en la comprensión conceptual pero con la utilización de datos genuinos y centrando la atención en el desarrollo del pensamiento y razonamiento estadístico en los estudiantes. Según Pinto Sosa (2020), este cambio ha sido gradual, poco a poco y diferenciado por países, instituciones, escuelas y docentes, y en los últimos 10 años, ha tenido un avance muy importante lo cual se ve reflejado, por ejemplo, en Latinoamérica por un mayor número de investigadores, grupos y redes de investigación, eventos y congresos especializados en el área de educación estadística. Algunos de los grupos que promueven este enfoque son: Statistical Reasoning, Thinking and Literacy (SRTL) - <https://blogs.uni-paderborn.de/srtl/srtl-10/> - el Grupo de Educación Estadística de la Universidad de Granada - <https://www.ugr.es/local/batanero/> - y la Red Latinoamericana de Investigación en Educación Estadística (RELIEE) - <http://reliee.weebly.com/>.

Sin embargo, en Argentina, estas iniciativas de cambio aún no se han generalizado en los distintos niveles educativos donde, por ejemplo, a pesar de que los contenidos de Estadística están presentes en las curriculas de enseñanza primaria, secundaria y en los niveles superiores de formación docente esto no garantiza un abordaje integral ya que, históricamente se ha asignado a los mismos un lugar secundario o menor, ya sea por el orden en que aparecen en los libros de texto (suelen estar al final), por falta de tiempo o por otras razones (Garibotti et al, 2020; Tauber & Santellán, 2022; Barrios Sandoval & Medina Mariño, 2019). En este sentido, actualmente se nos presenta el problema de alumnos, que cursan carreras de nivel superior, que no conocen o aún no han incorporado los conceptos básicos de la estadística exploratoria y descriptiva que constituyen el punto de partida para la comprensión de conceptos mucho más complejos y abstractos como la inferencia.

Como docentes e investigadores del área Estadística, esta problemática nos interpela e invita a adoptar una postura reflexiva sobre la forma y las estrategias de enseñanza que adoptamos en el aula en nuestros cursos de Estadística. Este marco reflexivo nos condujo a formularnos las siguientes preguntas:

*¿Cómo abordar los contenidos de Estadística para que el alumnado pueda desarrollar un razonamiento estadístico?*

*¿Qué elementos o indicadores nos permitirán evaluar si nuestra estrategia es apropiada para promover este tipo de razonamiento?*

Estas preguntas fueron el catalizador de nuestro estudio, nos sirvieron de guía para la búsqueda de información pertinente, con el fin de mejorar nuestra propuesta educativa y proporcionaron las bases para la formulación de nuestros objetivos de investigación.

Analizaremos a continuación algunas de las propuestas y metodologías ampliamente difundidas en la literatura científica que contribuyeron a adoptar la estrategia que mejor se adapta a nuestro contexto académico.

## 1.4. Educación Estadística: algunas propuestas

Como vimos anteriormente, una de las cuestiones que han materializado la generación de un nuevo enfoque de la Educación Estadística fue la de brindar mayor relevancia a la búsqueda de herramientas que permitan promover el desarrollo del razonamiento y del

pensamiento estadístico, centrados en la comprensión conceptual. Esta manera de considerar a la educación estocástica sirvió de fundamento para la elaboración de numerosas propuestas de enseñanza.

Siguiendo las ideas de Zapata-Cardona (2011), podemos decir que, en Educación Estadística, se han generado dos constructos ampliamente aceptados en la comunidad académica: la alfabetización estadística y el razonamiento estadístico.

En línea con lo anterior, el primer acercamiento al concepto de alfabetización estadística fue introducido por Wallman (1993) quien lo definió como:

*"La capacidad de comprender y evaluar críticamente los resultados estadísticos que impregnán nuestra vida diaria, junto con la capacidad de apreciar las contribuciones que el pensamiento estadístico puede hacer en las decisiones públicas y privadas, profesionales y personales". (p.1)*

Este concepto fue luego retomado y estudiado por numerosos autores tales como Batanero (2002) -quien lo redefine como *cultura estadística*-, Ben-Zvi y Garfield (2004) y Gal (2002) -quien delimitó dos competencias interrelacionadas: interpretación del contexto y la comunicación-. En otras palabras, este constructo incluye las habilidades básicas necesarias que todo ciudadano común debería tener para comprender información estadística y está orientado a los consumidores de estadística a través de los medios de comunicación, sitios de Internet, periódicos y revistas. Una persona estadísticamente culta debería poder leer, interpretar, organizar y evaluar críticamente información estadística relacionada al contexto social en el cual se encuentre (Batanero, 2002).

Por otro lado, el razonamiento estadístico requiere de un nivel de conocimiento superior, ya que para su desarrollo es necesario adquirir habilidades específicas como el conocimiento del contexto y de métodos estadísticos, formulación de las preguntas apropiadas, diseño de experimentos, relevamiento de datos y extraer conclusiones, entre otras. En este sentido, Pfannkuch & Wild (2000), plantean que para que se pueda pensar estadísticamente a través de un proceso integrado de dichas habilidades, deben coexistir cuatro tipos fundamentales de razonamientos estadísticos centrados en: la consideración de la variación, la transnumeración, la construcción de significados a partir de modelos y finalmente, la integración o síntesis del problema en contextos particulares. Como se mencionó anteriormente, estos elementos junto al modelo de alfabetización estadística planteada por Gal (2002) formarán parte de nuestro análisis para el diseño del marco teórico sobre el cual se apoyará nuestra investigación y serán analizados en detalle con posterioridad.

### 1.4.1. Algunos modelos para la enseñanza de la estadística

En línea con lo anterior, en esta sección describiremos algunos de los modelos de enseñanza de la Estadística que se encuentran ampliamente difundidos en la literatura y que, entendemos, podrían contribuir de manera significativa al desarrollo de las habilidades y competencias necesarias para dar respuesta a la primera pregunta que nos formulamos previamente. Por otro lado, las propuestas aquí descritas servirán de insumo para el desarrollo de la metodología que adoptaremos para nuestro estudio.

#### 1.4.1.1. Modelo PPDAC (Problema, Plan, Datos, Análisis y Conclusiones)

Este modelo plantea un marco estructurado y sistemático para el abordaje de la enseñanza de la Estadística. Si bien, originalmente fue propuesto por MacKay y Oldford (1994) fue

luego Wild y Pfannkuch quienes, como consecuencia de sus estudios sobre razonamiento y pensamiento estadístico, se encargaron de darle una mayor difusión (Wild & Pfannkuch, 1998, 1999, 2000, 2004).

En términos generales, el modelo proporciona una guía detallada que, mediante un proceso iterativo, permite el abordaje de problemas estadísticos, teniendo en cuenta desde la formulación de preguntas hasta la interpretación de los resultados. Los objetivos que subyacen a su diseño son, por un lado, promover el pensamiento estadístico basado en la integración de distintos razonamientos estadísticos y, por el otro, estimular el acercamiento de la Estadística a contextos más realistas.

Al estar planteado de manera estructurada podemos diferenciar cinco etapas claramente diferenciadas, las cuales detallaremos a continuación:

*Problema*: en esta etapa se identifica y define claramente el problema o pregunta de investigación que se desea abordar. Para esto resulta fundamental entender el contexto y el objetivo del trabajo. Esta etapa determina también los datos que serán necesarios.

*Plan (Planificación)*: se planifica el estudio, muestra, métodos de relevamiento y herramientas de análisis. También se deben tener en cuenta las consideraciones éticas y los permisos necesarios.

*Datos*: se recopila la información necesaria para el plan formulado. Los datos se pueden obtener a partir de distintos instrumentos: encuestas, experimentos, observaciones, mediciones, etc. Esta etapa sirve también para el armado y gestión de la base de datos.

*Análisis*: Se exploran los datos con el objetivo de identificar patrones, tendencias y posibles anomalías. Se aplican métodos inferenciales para responder a las preguntas de investigación formuladas previamente.

*Conclusiones*: Se interpretan los resultados obtenidos del paso anterior en el contexto del problema original. Se discuten las implicancias de los hallazgos y se relaciona con las teorías existentes. Esta etapa involucra también la difusión de dichos resultados.

La naturaleza iterativa (cíclica) del método se manifiesta en el sentido de que a medida que se avanza en las etapas, a menudo, puede ser necesario volver a etapas anteriores y replantear alguna de ellas. Por ejemplo, no tiene sentido un plan que no genere respuestas acertadas a las preguntas planteadas, por lo tanto, debería reverse alguna de las dos etapas del diseño.

#### 1.4.1.2. El modelo GAISE

GAISE (*Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education*) fue creado por la American Statistical Association (ASA) y comprende un conjunto de directrices desarrolladas para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Estadística. Esta guía o modelo (al igual que el anterior) se caracteriza por promover el desarrollo del pensamiento estadístico y la enseñanza centrada en el estudiante (Franklin et al, 2007).

De manera similar al ciclo PPDAC, esta propuesta plantea una serie de etapas que involucran la formulación de preguntas, recolección de datos, análisis de los mismos y, finalmente, la interpretación de los resultados. Las diferencias entre GAISE y PPDAC son mínimas, una de ellas es que el modelo GAISE no establece una etapa específica para planear las estrategias necesarias para responder las preguntas de investigación. Sin embargo, la principal diferencia entre los dos modelos está relacionada con el hecho de que

el informe GAISE plantea, por un lado, que la comprensión de la variabilidad es crucial para la interpretación correcta de los datos y por el otro, establece una serie de recomendaciones adicionales:

- (1) Enfatizar alfabetización estadística y desarrollar razonamiento estadístico,
- (2) Usar datos reales,
- (3) Enfatizar la comprensión conceptual más que el aprendizaje de procedimientos,
- (4) Promover el aprendizaje activo en el salón de clase,
- (5) Usar tecnología para desarrollar comprensión conceptual y analizar datos, no solamente para calcular procedimientos,
- (6) Usar la evaluación para mejorar el aprendizaje

A continuación, describiremos brevemente los principales objetivos de las seis recomendaciones.

La primera de ellas involucra 3 aspectos fundamentales: 1) Tener un conocimiento básico de estadística, 2) Saber leer e interpretar gráficos, 3) Entender las ideas fundamentales de la estadística. Promover el desarrollo del razonamiento estadístico se asocia también a la necesidad de utilizar datos (segunda recomendación), entender la variabilidad, ser capaz de explicarla y cuantificarla, ya que constituye la esencia de la Estadística como disciplina.

El llamado a la comprensión conceptual está fundamentado en el sentido de que una correcta aplicación del procedimiento sin conocimiento conceptual resultaría estéril en términos de aprendizajes para los estudiantes.

La cuarta recomendación, establece las bases para promover el aprendizaje colaborativo en el aula. Esto genera un marco propicio para que el alumno pueda descubrir, construir y entender las ideas estadísticas fundamentales. En este sentido, algunas de las propuestas o actividades que se podrían considerar son: generar datos en clases para luego responder preguntas sobre ellos, trabajo con proyectos, aulas invertidas, y laboratorios. Estas actividades podrían ser desarrolladas en forma individual o grupal.

La incorporación de tecnología (recomendación 5) en el aula, resulta un aspecto fundamental para el óptimo desarrollo de una clase de Estadística. La tecnología permite a los estudiantes interactuar con datos reales y complejos, facilitando una comprensión más profunda de los conceptos estadísticos. Herramientas como software estadístico y aplicaciones de visualización de datos, ayudan a los estudiantes a realizar análisis más precisos y a interpretar resultados con mayor claridad. Además, la tecnología promueve el aprendizaje activo y colaborativo, permitiendo a los estudiantes trabajar en proyectos y resolver problemas en entornos simulados y auténticos.

Finalmente, la recomendación de utilizar la evaluación como una instancia más del aprendizaje, responde al hecho de que la misma no debe ser valorada como el punto final de la instrucción, sino por el contrario, debe ser abordada como una instancia más de construcción de conocimiento. En este sentido, se plantean algunas pautas que podrían ayudar a mejorar los procesos evaluativos, entre ellas: presentaciones orales de los proyectos desarrollados durante el período de clases, informes o reportes escritos, lectura y análisis de artículos, entre otros. Esta perspectiva tiende a transformar la antigua mirada sobre la evaluación de contenidos a una visión mucho más integral, que permita asegurar el

desarrollo del máximo potencial de cada alumno. Otro aspecto importante de esta forma de evaluar, resulta en el hecho de que el alumnado ya no dispondrá de una o dos instancias evaluativas, por el contrario se les presentan diversas formas de hacerlo en forma continua (Estrella, 2017; Zapata-Cardona, 2011).

#### 1.4.1.3. Enfoque por proyectos

Siguiendo la idea central de los modelos descritos anteriormente y buscando situar la enseñanza de la estadística en procesos de investigación que incluyan la producción de datos, medición, modelado de la variación y que refleje la práctica de los profesionales estadísticos, surge este modelo de enseñanza, descrito inicialmente por Holmes (1997) y que fue diseñado para mejorar las formas de evaluación de las clases de estadística para favorecer una comprensión profunda de la disciplina.

Esta metodología, tiene como objetivo que los estudiantes adquieran conocimiento y habilidades mediante la elaboración de proyectos que respondan a problemas reales, siguiendo los pasos del ciclo de investigación estadística descrito por Wild & Pfannkuch (1999). Esta estrategia, se caracteriza por permitir a los estudiantes elegir el tema a estudiar, plantear una pregunta de investigación, determinar cómo recolectar la información, elegir las medidas estadísticas y gráficas para el resumen, organización y presentación de los datos, analizar los resultados obtenidos y comunicar las principales conclusiones y hallazgos obtenidos con el trabajo. Este enfoque parece presentar muchas similitudes con los descritos anteriormente, tanto en los objetivos que persigue, como en su naturaleza estructurada. Sin embargo, y según la literatura analizada, los profesores e investigadores que han utilizado los proyectos en distintos cursos de Estadística han implementado diferentes mecanismos para llevar a cabo esta estrategia, adaptando sus características de acuerdo al propósito del estudio o al contexto del grupo de alumnos (Flores & Pinto, 2017).

Batanero & Díaz (2011), sugieren que la principal característica de un curso basado en proyectos es que el énfasis debe ser puesto en las tareas que deben realizar los alumnos, que por lo menos, deben ser realistas. Las autoras sugieren también que esta metodología puede propiciar varios aspectos positivos:

- Los proyectos permiten contextualizar la estadística y hacerla más relevante. Si los datos surgen de un problema, son datos con significado y tienen que ser interpretados.
- Los proyectos refuerzan el interés, sobre todo si es el alumno el que elige el tema. El alumno quiere resolver el problema, no es impuesto por el profesor.
- Se aprende mejor qué son los datos reales, y se introducen ideas que no aparecen con los “datos inventados por el profesor”: precisión, variabilidad, fiabilidad, posibilidad de medición, sesgo. Se muestra que la estadística no se reduce a contenidos matemáticos

En este sentido, las autoras sugieren que esta estrategia está concebida para introducir en la clase una filosofía exploratoria y participativa y consideran que son herramientas muy útiles para favorecer el razonamiento y la cultura estadística (Batanero & Diaz, 2011; Zapata-Cardona, 2018).

Una de las principales ventajas que presenta esta metodología es la capacidad de adaptación a los diferentes entornos y contextos educativos. En línea con esto, Flores & Pinto (2017), analizaron trabajos con proyectos y los agruparon en ocho categorías

diferentes: duración, formación de los equipos, integración del equipo, elección del tema, recolección de datos, resumen y análisis de datos, presentación de resultados y evaluación.

En términos de la duración observaron que los proyectos podían ser de menos de tres meses y hasta seis meses. Las actividades podían ser desarrolladas en forma individual o grupal de hasta cinco alumnos. La elección del tema fue muy variada, en muchos de los trabajos analizados fueron elegidos por los alumnos, sin embargo, hubo casos en donde el docente elegía un tema y el mismo era abordado por todos los grupos. Respecto a la recolección de datos la estrategia más utilizada fue la de permitir a los estudiantes relevar sus propios datos, generalmente usando cuestionarios, pero también hubo casos en donde los datos eran obtenidos de sitios oficiales, relevados en tiempo real o incluso suministrado por el docente. Para la presentación de los resultados y las conclusiones predominaron dos formas: Informe escrito y presentación oral. Finalmente, para la evaluación de los proyectos, la forma más utilizada fue la rúbrica y desde dos perspectivas: evaluación continua (por etapas) o una única evaluación al finalizar el trabajo (Flores & Pinto 2017).

En suma a lo anterior se podría agregar otra ventaja para esta estrategia, la misma fue descrita por Inzunza-Casares (2017) y establece la posibilidad de implementar el proyecto en diferentes momentos del dictado de la asignatura, por ejemplo, algunos docentes los utilizan como herramientas para afianzar conceptos y procedimientos estadísticos y los aplican en forma paralela al avance de los contenidos de la asignatura, mientras que otros prefieren implementarlo una vez culminado el desarrollo de los contenidos de la asignatura (Inzunza Cazares, 2017).

Como se pudo apreciar, esta última estrategia además de reunir los requisitos que deben ser tenidos en cuenta para favorecer el desarrollo del pensamiento estadístico en los términos definidos por Wild & Pfannkuch (1998) posee una importante ventaja: la capacidad de adaptación a diferentes contextos. Esta característica la vuelve muy atractiva para ser implementada en ambientes de estudio que pueden resultar muy diversos, como en el caso de nuestro contexto académico.

## 1.5. El Razonamiento Estadístico

Según Garfield et al. (2003) el razonamiento estadístico puede ser definido como la manera que las personas razonan con ideas estadísticas y el sentido que le dan a la información estadística. Esto implica hacer interpretaciones sobre los datos, sus representaciones o resúmenes estadísticos. Razonar estadísticamente puede implicar conectar un concepto con otro (por ejemplo, centro y distribución), o combinar ideas sobre datos y azar. Razonar estadísticamente significa entender y poder explicar los procesos estadísticos.

Como hemos visto en las secciones anteriores, la necesidad de brindar a los estudiantes herramientas que les permitan desarrollar una comprensión más profunda de los conceptos estadísticos ha motivado la elaboración de diferentes propuestas de enseñanza. Esta mirada de la Educación estadística, apunta principalmente a la búsqueda de mecanismos que permitan promover el razonamiento y pensamiento estadístico, enfocados en la comprensión conceptual y muy lejos de la mirada clásica, que centraba su atención en procedimientos y cálculos descontextualizados.

Como educadores, entendemos que además de promover las herramientas necesarias para formar a nuestros estudiantes en la dirección de estos enfoques, debemos buscar la forma de que los mismos desarrollem las habilidades científicas necesarias para su correcto

desempeño profesional y, en este sentido, la Inferencia Estadística (IE) adquiere un papel muy importante en muchas áreas, pero más especialmente en ciencias de la salud.

En línea con lo anterior y en la búsqueda de los mecanismos que nos posibiliten dar respuesta a la segunda pregunta formulada anteriormente, entendemos que un correcto enfoque en la identificación de los componentes del razonamiento estadístico -descritos por Wild & Pfannkuch (1999, 2000)- y la delimitación y reconocimiento de los elementos de conocimiento que los estudiantes ponen en juego al resolver actividades sobre IE, podrían ser una buena estrategia metodológica que nos permita evaluar de manera objetiva nuestra propuesta pedagógica.

## 1.6. Importancia de la Inferencia Estadística

Harradine (2011) define a la IE como el proceso de evaluar la solidez de la evidencia sobre si un conjunto de observaciones es consistente o no con un mecanismo particular hipotetizado que podría haber producido las observaciones. Por otro lado, Moore (2010), introdujo una definición un poco más intuitiva para la IE, diciendo que es un proceso que permite elaborar conclusiones sobre un universo más amplio, basado en la evidencia y considerando que la variación está siempre presente y que, por lo tanto, esas conclusiones podrían ser inciertas. Si bien estas definiciones difieren un poco en sus expresiones, podemos decir que ambas apuntan a una misma dirección: la IE es el proceso en el cual la parte intenta explicar el todo, tal como lo indica Sosa Escudero (2014).

En este sentido, ambos autores coinciden en que la IE es una herramienta esencial en las investigaciones, puesto que de ésta, deriva la toma de decisiones en los diferentes ámbitos del quehacer profesional (Harradine, 2011)

Sin embargo, y apesar de la importancia que la IE tiene en las disciplinas científicas, muchas investigaciones han mostrado las dificultades que presentan los estudiantes al momento de razonar las ideas inferenciales, por ejemplo, Sotos et al., (2007) ha encontrado numerosas dificultades que manifiestan los estudiantes al momento de emplear este tipo de razonamiento. La dificultad de interpretación de la IE proviene de los conceptos complejos y abstractos subyacentes al método, como ser, población, muestra y distribución muestral (Garfield & Ben-Zvi, 2008; Roldán López de Hierro et al., 2020; Tobias-Lara & Gómez-Blacarte, 2019). Los estudios muestran que una comprensión incompleta de conceptos tales como muestreo, distribución, variación y distribuciones muestrales podrían derivar también en fallos conceptuales (Olivo & Batanero, 2008; Roldán López de Hierro et al., 2020; Bakker & Gravemeijer, 2004; Wild & Pfannkuch, 1999).

Park (2013), definió el razonamiento inferencial en el campo de la Estadística como: "el razonamiento que las personas usan al sacar conclusiones a partir de datos". Actualmente, la investigación de la comunidad educativa en Estadística clasifica el razonamiento inferencial en dos tipos: razonamiento inferencial informal y formal. Asumiendo que las ideas formales de la IE deben construirse progresivamente, mientras se incrementa gradualmente el nivel de formalización. Los investigadores se han centrado más en el estudio del razonamiento inferencial informal sugiriendo que éste puede sentar las bases para un razonamiento inferencial más formal (Batanero, 2014; Garfield & Ben-Zvi, 2008; Garfield et al., 2015).

En este sentido, en las siguientes secciones realizaremos una descripción de ambos tipos de razonamientos.

## 1.7. Razonamiento Inferencial Informal

La mirada informal de la inferencia abarca un amplio conjunto de competencias y comprenden generalizaciones inciertas, que requieren un proceso razonado para extender las conclusiones más allá de una mirada netamente descriptiva de los datos. Este tipo de conjeturas se enmarcan por fuera de los métodos formales y se encuentran relacionadas a: intuiciones de los estudiantes, al uso de análisis descriptivos de datos muestrales, análisis exploratorio y simulaciones. Estos tipos de observaciones sobre los datos se consideran versiones preliminares de la inferencia formal, en las cuales las ideas conceptuales de la inferencia estadística aún no están completamente desarrolladas (Tobias-Lara & Gómez-Blancarte, 2019; Zieffler et al., 2008; Makar & Rubin, 2009)

En línea con lo anterior, Zieffler et al. (2008) y Makar & Rubin (2009) determinaron algunos componentes clave del RII, entre ellos destacaron:

- Juicios, predicciones o afirmaciones realizadas sobre la población, basadas en el análisis de datos de la muestra, sin utilizar métodos formales.
- Generalizaciones que pueden ser predicciones, estimaciones de parámetros y conclusiones, que se extienden más allá de los datos de las muestras a la población, y que generalmente se realizan al identificar patrones en los datos.
- La evidencia utilizada para justificar esas generalizaciones debe basarse en datos estadísticos y debe ser aceptada dentro del contexto en el que se utiliza.
- Articulación de argumentos basados en evidencia al realizar un juicio, predicción o declaración sobre la población basado en muestras. Se refiere a la evidencia estadística que se presenta en explicaciones que respaldan la conclusión.

Si bien, como podemos observar, no existe una única definición de RII, las apreciaciones realizadas permiten determinar que este tipo de razonamiento no utiliza métodos formales de inferencia estadística. Sin embargo, estos componentes clave no son exclusivos del RII, sino que también operan en razonamientos de tipo formales, es decir, ambos razonamientos comparten características: son generalizaciones, requieren de evidencia, utilizan lenguaje probabilístico y requieren conocimiento del contexto (Garfield et al., 2015; Tobias-Lara & Gómez-Blancarte, 2019, Tauber & Bertero, 2019).

## 1.8. Razonamiento Inferencial Formal

Makar & Rubin (2009), establecieron que el razonamiento inferencial formal (RIF) se refiere a expresiones de inferencia utilizadas para hacer estimaciones puntuales o por intervalos de confianza de parámetros poblacionales, o bien para probar formalmente hipótesis utilizando un método aceptado por la comunidad estadística. Otros autores, como Park (2013) y Pfannkuch (2006) sostienen que el RIF es un dominio de contenidos que incluye conceptos e ideas relacionadas con pruebas estadísticas formales, como por ejemplo, intervalos de confianza, pruebas de hipótesis, valor *p* e incluso modelos de regresión.

Existen relativamente pocos estudios sobre este tipo de razonamiento, sin embargo, todos tienden a ser coincidentes en la postura de que el RIF está asociado al uso de métodos y procedimientos formales, sin embargo, su desarrollo no se encuentra estrictamente ligado a la presencia de conocimientos formales, sino también a saber cuándo utilizarlos (Huey, 2011; Weinberg et al., 2010; Tobias-Lara & Gómez-Blancarte, 2019).

## 1.9. Diferencias y Similitudes entre RII y RIF

Un aspecto importante que diferencia los dos tipos de razonamiento inferencial (formal e informal) son los métodos estadísticos utilizados para generar evidencia. Sin embargo, entendemos que estos tipos de razonamientos van más allá de simplemente utilizar procedimientos estadísticos formales o informales ya que, lo que se considera informal puede depender de la naturaleza de las tareas inferenciales que se están estudiando, de la complejidad de los conceptos estadísticos involucrados, del nivel educativo y de otros factores (Tobias-Lara & Gómez-Blancarte, 2019). En la tabla 1.1 se resumen las principales similitudes y diferencias entre ambas concepciones.

Según Bakker et al. (2008, 2011), la forma en que una persona razona también depende de un conjunto de técnicas y normas que se consideran formales en ciertos campos científicos, pero que en Estadística podrían ser vistas como informales, o viceversa. Además, otros autores destacan que un estadístico experto puede usar tanto razonamientos formales como informales, dependiendo del problema y del tipo de decisión que se necesite tomar.

Desde la perspectiva de Bakker, estos métodos son razones estadísticas, que forman parte de un "espacio de razones" donde se lleva a cabo la inferencia estadística. Una inferencia estadística debe considerar tanto razones contextuales (normas relacionadas con el contexto del problema o restricciones del mundo real) como razones estadísticas (resultados del análisis de datos). Así, tanto el razonamiento inferencial informal como el formal, ocurren en este espacio de razones, y se priorizan dependiendo de lo que sea necesario para alcanzar un objetivo.

**Tabla 1.1**  
*Similaridades y Diferencias entre el Razonamiento Inferencial Informal (RII) y el Razonamiento Inferencial Formal (RIF).*

| Similitudes   | Diferencias   |
|---|---|
| 1) Son generalizaciones, juicios o afirmaciones que van más allá de los datos muestrales,<br>2) Requieren de evidencia estadística que sustenten las conclusiones o generalizaciones,<br>3) Utilizan un lenguaje probabilístico,<br>4) Para que la inferencia tenga lugar, se requiere conocimiento del contexto. | 1) El análisis de datos en RIF se basa en métodos formales de inferencia estadística (por ejemplo, intervalos de confianza, pruebas de hipótesis, pruebas de significancia, modelos de regresión, distribución de muestreo),<br>2) El análisis de datos en RII está abierto a considerar el uso de análisis descriptivos de datos de muestra, simulaciones y estimaciones de incertidumbre. |

*Nota.* Adaptado de Tobias-Lara & Gómez-Blancarte, 2019

Por otro lado, Ben-Zvi (2006), compara el razonamiento inferencial con la argumentación, ya que ambos requieren construir argumentos persuasivos basados en el análisis de datos, que pueden ser formales o informales. Por lo tanto, el razonamiento inferencial informal y formal son dos métodos diferentes para apoyar una inferencia.

## 1.10. Evaluación del Razonamiento Inferencial Formal

La revisión de la literatura muestra que la distinción entre ambos tipos de razonamiento RII y RIF parece radicar en los tipos de métodos, procedimientos o fórmulas que se utilizan para resolver tareas o problemas inferenciales y en la interpretación de sus resultados.

En caso del RII, se hace mayor hincapié en el análisis exploratorio de datos, identificando patrones en representaciones gráficas utilizando características más visuales que numéricas, mientras que para el RIF, se refiere al uso de métodos de inferencia formal, por ejemplo, pruebas de hipótesis e intervalos de confianza.

En cuanto a las evaluaciones del RII, muchos autores han diseñado y validado numerosos instrumentos que tienen como objetivo evaluar el razonamiento inferencial de los estudiantes, ya sea formal, informal o ambos. Algunos ejemplos de estos instrumentos son: el Reasoning about P values and Statistical Significance (RPASS) diseñado por Lane-Getaz (2013), Assessment of Inferential Reasoning in Statistics (AIRS), diseñado por Park (2013) y el Assessment of Informal Inferential Reasoning (AIIR), diseñados por Goss (2014). Estos instrumentos son variados, con preguntas abiertas y cerradas, de opción múltiple, verdadero-falso, etc. y cada uno de ellos se centra en distintos aspectos de conceptos inferenciales.

Otros investigadores, evaluaron el RII a través de cuestionarios y actividades en el aula y luego han analizado las respuestas de los estudiantes como un medio para caracterizarlas en términos de niveles de razonamiento. En este sentido podemos destacar el Structure of the Observer Learning Outcome (SOLO), diseñado por Biggs & Collis (1982). Este instrumento, de naturaleza cualitativa, fue utilizado para evaluar y caracterizar el razonamiento estadístico acerca de un concepto o grupo de conceptos y que pueden ser agrupados en uno de cinco niveles (Preestructural, Uniestructural, Multiestructural, Relacional, Abstracto Extendido) de desarrollo cognitivo, que delimitan particularidades de dicho razonamiento. Este modelo presenta la ventaja de que puede ser adaptado a diferentes contextos de resoluciones de problemas inferenciales, por ejemplo, Inzunsa & Jiménez, 2013, realizaron una adaptación para el caso de pruebas de hipótesis. La capacidad del modelo de poder ser adaptado a las distintas tareas y contextos de investigación que se les pueden presentar a los estudiantes lo vuelve sumamente interesante y podría ser un buen punto de partida para definir el esquema de evaluación de la propuesta de enseñanza que adoptaremos en el presente estudio.

## 1.11. Definición del problema de investigación

Como hemos visto hasta aquí, la necesidad de repensar y replantear la manera en que abordamos nuestras prácticas de enseñanza en cursos introductorios de Estadística dirigidos a estudiantes de diversas carreras, nos condujo a formularnos dos preguntas que consideramos centrales en nuestro estudio, estas preguntas, a su vez, nos permitieron indagar sobre las diferentes propuestas o modelos de enseñanza de la Estadística que se encuentran ampliamente estudiados y que, como vimos, apuntan a brindar a los estudiantes la posibilidad de pensar críticamente en base a datos cuando llevan adelante una tarea, actividad o proyecto en un contexto particular y claramente definido.

Por otro lado, hemos analizado el rol destacado que la inferencia estadística adquiere en áreas relacionadas a ciencias de la salud y las dificultades que tienen los estudiantes con este tipo de razonamiento.

Teniendo en cuenta estos dos elementos, y considerando las limitaciones impuestas por nuestro contexto académico, decidimos enfocar nuestro estudio en la implementación del modelo de enseñanza basada en proyectos y en el análisis, delimitación y reconocimiento de los elementos de conocimiento y razonamiento estadístico, que los estudiantes de las tres carreras, ponen en juego al momento de desarrollar las actividades de inferencia

estadística propuestas en las situaciones investigativas impulsadas por la metodología propuesta. Los resultados de este análisis nos brindarán información valiosa que, por un lado, contribuirá a mejorar nuestra comprensión de la enseñanza y el aprendizaje de la Estadística y por el otro, proporcionará el andamiaje necesario a partir del cual se podrían identificar las posibles dificultades y puntos débiles de la propuesta, que nos posibiliten implementar las mejoras pertinentes.

En el siguiente capítulo, presentaremos, en un primer momento, los resultados de algunas investigaciones que abordaron la estrategia de enseñanza que planteamos en este estudio y luego, centraremos nuestro interés en aquellas investigaciones donde se describen y analizan los elementos del razonamiento que se deberían poner en juego al momento de realizar la inferencia estadística.

## 1.12. Conclusiones del Capítulo I

En el presente capítulo hemos descrito y analizado el contexto académico en el que se desarrolla nuestra investigación, evidenciando algunas de las limitaciones que presentan los enfoques más tradicionales de la enseñanza de la Estadística. A partir de esta problemática, se exploró la evolución de la educación estadística hacia paradigmas que priorizan el desarrollo del pensamiento y razonamiento estadístico, examinando diferentes propuestas pedagógicas, destacando al aprendizaje basado en proyectos por su adaptabilidad. Por otro lado, profundizamos en la relevancia del razonamiento inferencial, diferenciando sus componentes informales y formales, y se consideraron marcos para su evaluación. Este recorrido nos permitió delimitar nuestro problema de investigación, el cual se centrará en implementar una metodología por proyectos para evaluar los elementos de conocimiento y de razonamiento que los estudiantes movilizan en un contexto particular de análisis de datos.

## Capítulo II

### Revisión de Antecedentes

---

#### 2.1. Introducción

En este capítulo analizaremos los resultados de algunas investigaciones que abordan las distintas dimensiones de la educación estadística.

En este recorrido, dividiremos nuestro análisis en dos momentos, en primer lugar centraremos nuestra atención en las investigaciones donde se analizan y describen los principales resultados obtenidos al implementar proyectos de investigación estadística en ambientes universitarios. Luego, en un segundo momento, compartiremos los resultados de investigaciones donde se analizan los distintos tipos de razonamientos que deberían evidenciar los estudiantes al realizar inferencia estadística analizando aquellas investigaciones que caracterizan y delimitan los conceptos clave para la comprensión de la misma.

Estos dos enfoques de nuestro análisis nos servirán de insumo para la elaboración de nuestro marco teórico y la delimitación de nuestros objetivos de investigación.

#### 2.2. Investigaciones sobre enseñanza de la estadística utilizando proyectos

En esta sección compartiremos algunos resultados de estudios realizados por investigadores del área de educación estadística que han abordado la estrategia de enseñanza por proyectos en cursos de estadística con alumnos de nivel universitario. Nuestro interés en este abordaje se basa principalmente en analizar los principales resultados surgidos de investigaciones al momento de aplicar esta metodología con el objetivo de indagar tanto en las contribuciones a la enseñanza de la estadística que esta estrategia puede aportar como en la identificación de posibles dificultades para su aplicación.

Huang et al. (2022) publican un artículo en el cual destacan que los cursos introductorios de estadística han sido criticados desde hace mucho tiempo por el alumnado por ser demasiado rígidos, abstractos, con escaso potencial y que muchos estudiantes a menudo informan actitudes negativas y sentimientos de ansiedad al momento de tomar el curso. Por este motivo plantean el enorme desafío que enfrentan los profesores de estadística al momento de plantear sus cursos de manera tal que los mismos resulten motivadores y puedan ayudar a desarrollar el pensamiento estadístico en el alumnado. En este sentido y como posible solución a este problema enfocan su atención a modelos de enseñanza centrados en el estudiante como el aprendizaje por proyectos, que involucre a los estudiantes activamente en tareas específicas dentro de un contexto determinado.

Como propósito de su investigación se plantean analizar las percepciones de los estudiantes sobre la relevancia de la estadística luego de una intervención con proyectos en un curso introductorio de estadística.

La propuesta consistió en una intervención con proyectos y fue llevada a cabo en una universidad pública de los Estados Unidos en estudiantes de segundo año de ingeniería.

El diseño de la estrategia didáctica incluyó el desarrollo de cuatro mini-proyectos que se distribuyeron de forma secuencial a lo largo del semestre. Cada uno de estos proyectos apuntaba a responder las preguntas sobre un problema de interés. Solo a modo de ejemplo, uno de los proyectos consistió en un diseño experimental, trabajando en equipos de 3 o 4 integrantes, que consistió en realizar un experimento sobre aviones de papel o catapultas en miniatura. Para ello debían relevar datos, analizarlos y realizar recomendaciones sobre qué configuraciones de diseño consideraban mejores. Para lograr esto debían utilizar diseño de experimentos y regresión lineal.

Para evaluar la propuesta realizaron una encuesta semiestructurada que la cual se analizaron indicadores de utilidad e identificación personal, dicha encuesta fue aplicada al finalizar el cursado. Un dato relevante del estudio fue que los investigadores dividieron el total de inscriptos al curso ( $n=110$ ) en dos partes que las denominaron clase control y clase experimental con 56 y 54 participantes respectivamente. Ambas clases se desarrollaron en paralelo e involucraron los mismos contenidos, material bibliográfico e idénticos criterios de evaluación. La diferencia estuvo dada en que la clase control siguió un modelo de enseñanza tradicional mientras que en la clase llamada experimental se aplicó el enfoque por proyectos de investigación.

Los investigadores analizan los resultados teniendo en cuenta distintos niveles de utilidad e identificación personal con la estadística. En este sentido, los estudiantes del grupo experimental relacionaron a la estadística con una mejora en la toma de decisiones y los sistemas de ingeniería, ninguna de estas respuestas fue hallada en el grupo control. Este resultado sugiere a los investigadores que los alumnos del grupo experimental tendieron a proponer más usos del mundo real de las estadísticas y mucho menos respuestas del tipo “ninguna aplicación”. Esto sugiere también que este tipo de estrategias puede empoderar a los estudiantes para que exploren más allá del conocimiento impartido en el aula y establezcan más conexiones entre la estadística, sus vidas y carreras profesionales futuras. Otro resultado importante fue una aparente mejora en el sentido de pertenencia a la comunidad de ingeniería y sorprende a los autores el hallazgo de que los tiempos de estudio en ambos grupos no hayan presentado diferencias significativas y por lo tanto todo parece indicar que este tipo de intervenciones no generaría una carga de trabajo extra para el alumnado.

Entre las principales conclusiones del estudio, los investigadores destacan que este tipo de intervenciones tiene el potencial para mejorar la percepción de los estudiantes sobre la relevancia de la estadística y que los beneficios generales de este tipo de instrucción parecen ser mayores que las posibles desventajas.

Finalmente, los investigadores destacan algunas limitaciones de su estudio, entre ellas informan que la clase de control y la clase experimental tenían formatos de instrucción diferentes (aprendizaje en línea frente a aprendizaje presencial) y esto pudo haber afectado las percepciones de los participantes. Por otro lado destacan el efecto relacionado al docente del curso, en este sentido, aclaran que si bien ambos docentes tenían niveles de formación similares podrían existir diferencias en sus estilos y preferencia de enseñanza, y esto podría influir en los resultados de la investigación.

Awuah et al. (2020) plantean la necesidad de actualizar los cursos básicos de estadística en una universidad de Ghana en África Occidental, pasando de un enfoque netamente tradicional basado en libros de texto a uno basado en proyectos y aula invertida. Los autores fundamentan su planteo en lograr que los estudiantes adquieran habilidades para acceder a la manipulación de grandes bases de datos, utilizar tecnología para visualizar y analizar datos e interpretar y finalmente comunicar los resultados obtenidos. En este sentido los investigadores realizaron una extensa revisión bibliográfica con la cual intentan demostrar que el aprendizaje basado en proyectos es más efectivo para la promoción del pensamiento profundo -la capacidad de aplicar habilidades de conocimiento, comunicación y razonamiento- en comparación con los enfoques didácticos tradicionales.

Con el objetivo de evaluar un curso de estadística introductorio bajo la metodología de enseñanza por proyectos en un grupo de 131 estudiantes de administración empresas, informática y sistemas de información los investigadores plantearon un diseño pensado para ser multidisciplinario, que los estudiantes puedan involucrar una amplia gama de disciplinas académicas. Si bien no realizan un detalle exhaustivo del diseño empleado mencionan que se siguieron las pautas establecidas por Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education (GAISE) y describen una serie de etapas o pasos destinados a cumplir dichas recomendaciones.

El diseño planteado por los autores involucró el desarrollo de un proyecto de investigación individual que introduce a los estudiantes a la investigación cuantitativa: desarrollar una pregunta de investigación factible de ser respondida, realizar una revisión bibliográfica, limpiar y gestionar los datos, crear visualizaciones de datos, utilizar inferencia estadística (por ejemplo, Análisis de Varianza, Correlación de Pearson, Prueba de Independencia de Chi-Cuadrado) y presentar los resultados de la investigación en forma de un póster académico.

La metodología fue implementada de manera paralela al desarrollo de los contenidos del curso, de esta manera los autores destacan que a medida que se avanzan en los contenidos de la asignatura los estudiantes eligen las herramientas y procedimientos que mejor se adaptan para responder sus preguntas de investigación.

Para evaluar la propuesta los investigadores realizaron una encuesta que fue proporcionada a los estudiantes en dos tiempos diferentes: antes y después del curso. El cuestionario estaba compuesto por varias secciones que contemplaban opiniones sobre experiencias sobre el curso, aumento de la confianza, actitudes e intereses en experiencias futuras y preguntas relacionadas al manejo de datos.

Entre los resultados más relevantes reportados por los autores destacan que el 57% de los estudiantes calificó el curso como muy desafiante en comparación con otros cursos, más de la mitad de los encuestados lo calificó como muy o extremadamente gratificante y un tercio lo mencionó haber logrado más de lo esperado. Por otro lado, los autores muestran un aumento de las puntuaciones medias en el desarrollo de las habilidades estadísticas que incluyen: el desarrollo de una pregunta de investigación, la gestión de los datos, la elección de pruebas estadísticas correctas, el manejo de programas específicos, la representación efectiva de resultados y la realización de análisis. En cuanto al cambio de actitud (negativa hacia los cursos de estadística) de los participantes y el interés en cursos futuros se obtuvo un incremento del 20% y 14% respectivamente.

Finalmente los autores establecen que se observaron mejoras en todas las habilidades evaluadas en el cuestionario y, a modo de reflexión, mencionan que los cursos modernos

deben centrarse en despertar un profundo interés en los estudiantes, desarrollar la importancia de la disciplina y un deseo de continuar aprendiendo habilidades en análisis y cómputo de datos.

Valerie Nazzaro et al. (2020) señalan la importancia del trabajo con datos en numerosas disciplinas tales como medicina, economía y educación. En este sentido destacan también la importancia de asegurar que los estudiantes interesados en estas áreas formen parte de un ambiente que los prepare para el proceso de investigación lo cual significa también una exposición a la estadística y el análisis de datos. Indican que muchos estudiantes tienen sentimientos negativos sobre los cursos de estadística y que esto condiciona fuertemente su inclinación hacia el trabajo en campos que requieran de alfabetización estadística. Es por esto que los autores mencionan la necesidad de crear cursos introductorios de estadística que posibiliten a los estudiantes seguir avanzando en los procesos formativos que involucran el pensamiento estadístico más allá del curso introductorio, indicando que ésto puede ser un indicador del éxito del curso.

Por medio de una extensa revisión bibliográfica los autores muestran cómo la implementación de proyectos basados en la investigación y el aula invertida pueden mejorar las actitudes y el rendimiento académico de los estudiantes en estadística. En función de esto se plantean como objetivo comparar la inscripción futura en cursos orientados al manejo de datos de los estudiantes que realizaron el curso de estadística basado en proyectos, hipotetizan que dado que los estudiantes que realizaron el curso de estadística basado en proyectos tienen experiencias positivas esto influirá positivamente en la toma de decisiones sobre futuros cursos de esta disciplina.

Para lograr el objetivo propuesto plantearon un diseño retrospectivo que consistió en el análisis de las inscripciones de 3711 estudiantes de la Universidad de Wesleyan a cuatro cursos introductorios de estadística, de los cuales solo uno de ellos presentaba un enfoque multidisciplinario basado en proyectos, estructurado de manera tal que los estudiantes tendrían la oportunidad de desarrollar habilidades en la generación de hipótesis comprobables, la realización de una revisión bibliográfica, la preparación de datos para el análisis, la realización de análisis estadísticos descriptivos e inferenciales y la presentación de resultados de investigación.

Entre las conclusiones más relevantes del estudio los autores mencionan que los resultados sugieren que un curso con las características descritas puede contribuir fuertemente a la decisión de los estudiantes a inscribirse en cursos futuros estadística y análisis de datos en comparación con los otros tres cursos analizados que posibilitan un enfoque pedagógico más tradicional. Finalmente, sugieren que según sus hallazgos un curso en el que los estudiantes tienen la oportunidad de responder preguntas los apasionen a través de la investigación independiente puede representar una opción efectiva que los motive a seguir estudiando estadística y en este sentido instan a docentes de diferentes instituciones a considerar este tipo de propuesta.

Por su parte, Inzunza Cazares (2017) realizó un estudio con el objetivo de evaluar la implementación de proyectos estadísticos para desarrollar competencias de razonamiento estadístico y motivación para el estudio de la estadística. La investigación se llevó a cabo en estudiantes universitarios de ciencias sociales inscriptos en un curso de estadística básica.

Luego de realizar una extensa revisión bibliográfica en donde detalla las diferentes formas en que se pueden aplicar los proyectos el estudio centra su atención en un diseño de cuatro dimensiones planteado por Wild y Pfannkuch (1999), esto es, análisis de los datos, las

cuales involucran identificar el problema, planear la investigación y recolectar los datos, así como interpretar los resultados del análisis de los datos en el contexto del cual provienen.

El estudio se llevó a cabo con 19 estudiantes y el desarrollo de los proyectos tuvo lugar durante la primera parte del curso, antes del estudio de probabilidad e inferencia estadística.

Los temas abordados por los proyectos fueron seleccionados por los docentes a partir de una colección de encuestas realizadas por un organismo público. Estos temas fueron seleccionados en función de los intereses disciplinarios del estudiantado y asignados de manera aleatoria a cada equipo conformado por dos estudiantes. Luego de establecer el tipo de muestreo necesario para los objetivos planteados se aplicaron las encuestas y el análisis de los datos resultantes fue realizado utilizando planilla de cálculo. La evaluación del proyecto consistió en dos presentaciones parciales al equipo docente a partir de las cuales recibían una retroalimentación y finalmente debían realizar una exposición oral al finalizar el proyecto.

Para el análisis de los resultados de la propuesta el autor optó por dos enfoques. En primer lugar realizó un análisis de las tareas realizadas por los estudiantes destinada a la identificación de las principales dimensiones del razonamiento estadístico (necesidad de datos, variabilidad, transnumeración, interpretación en contexto). El análisis fue completado por medio de un cuestionario para evaluar el nivel de motivación, utilidad y actitudes hacia la estadística derivadas de la implementación de la metodología de proyectos estadísticos.

Entre las principales conclusiones del estudio el autor destaca que en lo referido a las actitudes hacia la estadística el enfoque basado en proyectos tiene potencial para ayudar al estudiantado a generar una actitud positiva y sentido de la utilidad de la estadística basando esta afirmación en los promedios de las calificaciones obtenidas en el cuestionario, sin embargo destaca que se obtuvo una baja puntuación en los items que evaluaban la motivación, los cuales obtuvieron la menor calificación promedio.

Por otro lado, del análisis de los proyectos realizados por los estudiantes el investigador concluye que la metodología empleada puede constituirse en una estrategia eficaz para el desarrollo de los elementos que caracterizan el pensamiento y razonamiento estadístico, acercando al estudiante al trabajo de un profesional que utiliza estadística y que esto no puede ser observado en una enseñanza de tipo tradicional. Otro de los puntos relevantes de las conclusiones del trabajo es el relacionado con la importancia del docente en su rol de guía, revisor y facilitador del material introductorio a la metodología.

Entre algunos de los aspectos negativos el investigador menciona las dificultades que presentaron los estudiantes al momento de completar el tamaño muestral y a los métodos de muestreo implementados, en este sentido, los estudiantes evidenciaron falta de reconocimiento de la importancia de los muestreos aleatorios para luego generalizar resultados a una población.

Avila et al. (2022) y como parte de un estudio preliminar para analizar el impacto de la estrategia de enseñanza evaluada en el presente estudio realizan una investigación en una población de estudiantes de las carreras de LB, B y LN de la FBCB. El objetivo del estudio consistió en analizar las variaciones, en términos de regularidad y alumnos libres, que presentaron los estudiantes al momento de finalizar el cursado de la asignatura Estadística utilizando diferentes indicadores y teniendo en cuenta las dos metodologías didácticas empleadas, es decir, la tradicional y la estrategia utilizando proyectos. En este sentido, se

analizaron registros de condiciones finales de los alumnos en un período de tiempo comprendido entre 2016 y 2021.

Para el análisis de los resultados los investigadores dividen el lapso de tiempo analizado en dos períodos, 2016-2017 y 2018-2021, diferenciados principalmente por las estrategias de enseñanza que se implementaron en cada uno de ellos. En el primer período de tiempo la estrategia de enseñanza contemplaba un enfoque más tradicional de la enseñanza de la estadística que involucraba clases teóricas de desarrollos de contenidos y clases prácticas con resolución de ejercicios o situaciones problema. El segundo período comparativo incluyó el desarrollo de la estrategia por proyecto por medio de la cual los alumnos debían realizar un trabajo de investigación por medio del análisis de datos en un contexto determinado, responder preguntas y elaborar conclusiones por medio de un informe escrito.

Para realizar las comparaciones los investigadores calcularon medidas de desigualdad intergrupal del rendimiento académico, esto es, la diferencia de porcentajes de regulares o brecha absoluta entre los estudiantes que alcanzaron la regularidad por carrera. Este indicador les permitió comparar LN con B y LB.

El análisis de los registros mostró una influencia favorable en el rendimiento académico de los estudiantes, siendo esta influencia más perceptible entre los estudiantes de LN, en ambos períodos. En este sentido, los investigadores atribuyen esta diferencia a las marcadas exigencias de cursado que experimentan los alumnos de LB y B en relación a los de LN y que esto podría influenciar a los alumnos de LB y B a priorizar el cursado de otras asignaturas en detrimento del cursado de estadística.

A modo de reflexión final, los autores afirman que la implementación de la estrategia por proyectos tendría una acción favorable en las tres carreras analizadas, siendo mayor el efecto observado sobre estudiantes de LN.

## 2.3. Conclusiones del Capítulo II

En este capítulo se ha examinado un conjunto de investigaciones que, de manera consistente, respaldan la eficacia de la enseñanza por proyectos en cursos introductorios de estadística. Los estudios analizados evidencian que esta metodología aumenta la relevancia percibida de la disciplina, mejora las actitudes de los estudiantes, incrementa su confianza en habilidades aplicadas y fomenta un mayor interés en cursos futuros. A pesar de ser percibida como una estrategia más desafiante, su implementación se asocia con un impacto favorable en el rendimiento académico y en el desarrollo del razonamiento estadístico. En conjunto, la evidencia sugiere que el aprendizaje por proyectos es un enfoque pedagógico muy prometedor en relación al tradicional para fortalecer la comprensión conceptual y la mirada crítico-reflexiva de la Estadística.

## Capítulo III

### Marco Teórico

---

### 3.1. Introducción

Como mencionamos previamente, estudiaremos los componentes cognitivos vinculados a la alfabetización y a los razonamientos que los estudiantes de tres carreras emplean al desarrollar actividades implícitas en los objetivos de un proyecto. Particularmente, centraremos nuestra atención en el reconocimiento de los elementos del razonamiento asociados al desarrollo de la inferencia estadística.

Para este análisis, adoptaremos un marco teórico que combina el modelo de análisis del razonamiento y conocimiento de los estudiantes propuesto por Gal (2002) a lo cual sumaremos los indicadores del Razonamiento Inferencial Informal descritos por Pfannkuch & Ben-Zvi (2011). Finalmente, integraremos este conjunto de elementos a un modelo de análisis del Razonamiento Inferencial Formal teniendo en cuenta algunas de las ideas propuestas por Lugo-Armenta & Pino-Fan (2022).

Además, consideramos relevante, en la primera etapa del desarrollo de nuestro marco referencial, explorar el enfoque por proyectos desde una perspectiva pedagógica centrada en el estudiante. En esta etapa, analizaremos las bases teóricas de dicha metodología en el contexto de la Educación Estadística y su relación con las teorías constructivistas del aprendizaje.

### 3.2. Aprendizaje Basado en Proyectos: Una Mirada Pedagógica Centrada en el Estudiante

La metodología de enseñanza por proyectos se define como una estrategia pedagógica que promueve el aprendizaje activo a través de la resolución de problemas reales, donde los estudiantes asumen un papel protagonista en la construcción de su conocimiento (Thomas, 2000). Esta metodología se basa en el diseño y desarrollo de proyectos o actividades que permiten integrar diversos saberes, fomentando el pensamiento crítico, la investigación y el trabajo en equipo.

En el contexto de la enseñanza universitaria de la Estadística, esta metodología cobra especial relevancia al permitir que los estudiantes apliquen conceptos estadísticos a situaciones reales, fortaleciendo así la articulación entre los contenidos teóricos y la práctica. Referentes en educación estadística como Batanero & Díaz (2011), Zapata Cardona (2018) y Pinto Sosa (2022) han destacado la importancia de contextualizar la enseñanza de la estadística con problemas auténticos para potenciar el desarrollo de habilidades analíticas y razonamiento estadístico.

Según Batanero (2011), el aprendizaje de la estadística debe alejarse de la simple memorización de procedimientos y centrarse en la interpretación de datos y la toma de decisiones fundamentadas. Zapata Cardona (2018), propone que la aplicación de proyectos en el aula facilita el desarrollo del pensamiento probabilístico y mejora la comprensión de la

variabilidad, mientras que Pinto Sosa (2022) pone énfasis en el papel de la reflexión crítica en la resolución de problemas reales a través del uso de proyectos colaborativos.

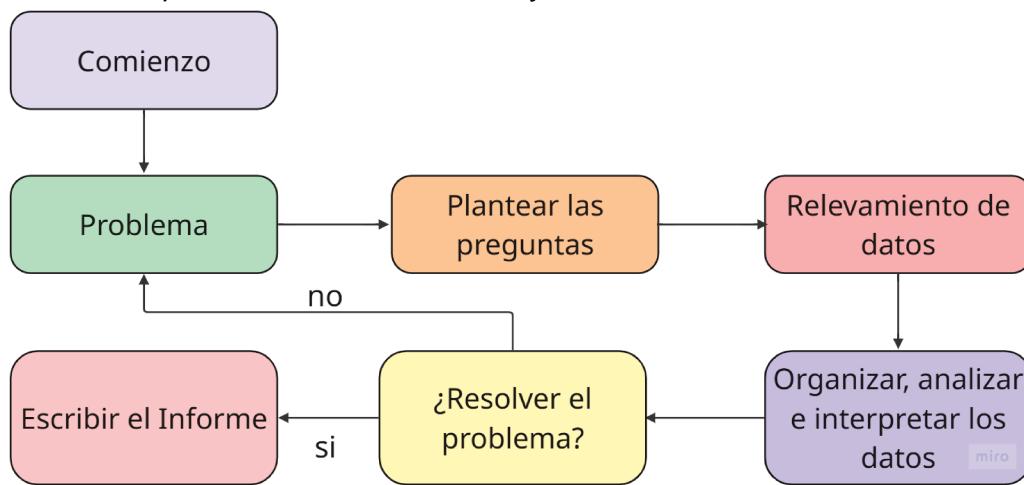
### 3.3. Lineamientos para la Enseñanza de la Estadística por Proyectos

Siguiendo los lineamientos propuestos por Batanero & Díaz (2011), en su obra *Estadística por Proyectos*, establece que el diseño de proyectos debe estructurarse según una serie de pasos que permitan guiar el aprendizaje conceptual:

1. *Planteo de un problema práctico y cotidiano*: El proyecto debe partir de un problema cercano al estudiante, lo que fomenta el interés y la motivación por resolverlo.
2. *Utilización de la estadística como herramienta*: La estadística debe servir como medio para analizar y comprender fenómenos, no como un fin en sí mismo.
3. *Formulación de preguntas basadas en datos*: Se promueve la generación de interrogantes que puedan resolverse mediante el análisis de información relevante.
4. *Recolección y análisis de datos*: Los datos pueden ser de diferente naturaleza (cuantitativo, cuantitativo), obtenidos de variadas fuentes (experimentos, observaciones, encuestas, bases de datos). En muchos casos, los estudiantes participan activamente en la recopilación de los mismos. Para el análisis de la información relevada generalmente se recurre al empleo de programas tales como R, SPSS, Excel, etc.
5. *Interpretación de resultados y redacción de informes*: La elaboración de informes permite sintetizar y comunicar los hallazgos, consolidando el aprendizaje y promoviendo el desarrollo de competencias comunicativas.

En la figura 3.1 se describe el esquema general de la forma de trabajo.

**Figura 3.1**  
*Esquema General para el Desarrollo de un Proyecto*



*Nota.* El diagrama de flujo ilustra las etapas de una investigación basada en proyectos. Adaptado de "Estadística con Proyectos" (p. 23), por C. Batanero y C. Díaz, 2011, Universidad de Granada.

Estos lineamientos reflejan una visión integradora del aprendizaje, donde los estudiantes desarrollan habilidades analíticas y de razonamiento crítico a través de experiencias concretas y contextualizadas.

### 3.4. Los Proyectos y su relación con teorías de aprendizaje

Díaz Levicoy et al. (2014), argumenta que existe una relación directa y significativa entre las principales teorías del aprendizaje, especialmente aquellas que centran su atención en el estudiante y en el rol mediador y facilitador del docente.

En este contexto, los modelos constructivistas aportan sentido y coherencia a la enseñanza de la estadística basada en proyectos. La teoría psicogenética de Piaget (1983) sostiene que el conocimiento se construye a través de la interacción activa entre el estudiante y el objeto de estudio. Al participar en proyectos y aplicar conocimientos a medida que surgen nuevas necesidades, los alumnos se involucran de forma activa en su propio proceso de aprendizaje.

La interacción social entre los estudiantes impulsa el debate, facilita la resolución de problemas y promueve un aprendizaje significativo. Las experiencias prácticas permiten a los alumnos tomar conciencia y profundizar en los contenidos. Las actividades deben fomentar la cooperación, la colaboración y el intercambio de ideas, creando un entorno propicio para la construcción conjunta e interactiva del conocimiento.

Desde la perspectiva de la teoría sociocultural de Vygotsky (Papalia, 2009), el aprendizaje basado en proyectos se caracteriza por la participación activa de los estudiantes en su entorno y por un enfoque colaborativo, donde aquellos alumnos con mayor dominio ofrecen apoyo a sus compañeros menos experimentados. Este enfoque fortalece actitudes esenciales para la construcción del conocimiento, como la búsqueda, exploración, investigación y resolución de problemas. El docente desempeña un papel fundamental como promotor del trabajo en grupo, favoreciendo el mantenimiento y la mejora de las relaciones entre los estudiantes.

La teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel et al. (1983) también está estrechamente vinculada al enfoque por proyectos, ya que conecta los contenidos con la realidad y la experiencia de los estudiantes. Este modelo de enseñanza enfatiza la resolución de problemas y promueve la participación activa de los alumnos, generando un mayor compromiso emocional y motivacional. Es crucial que los estudiantes muestren interés y mantengan una actitud positiva hacia los temas que se abordan.

El principal desafío para el docente de estadística, en cualquier nivel educativo, consiste en crear las condiciones necesarias para fomentar este compromiso y participación activa de los alumnos.

### 3.5. Razonamiento y conocimiento estadístico: relaciones entre conceptos

Como vimos anteriormente, diversos estudios han mostrado las dificultades que se pueden presentar al momento de plantear la enseñanza de la estadística con enfoques centrados en procedimientos y habilidades de cálculo. Existe demasiada evidencia como para poder asumir que las estrategias que propicien espacios de razonamiento y reflexión podrían ser mucho más efectivas para el desarrollo de aprendizajes significativos, constituyendo ésto una base sólida para la redefinición de nuevos objetivos de enseñanza de la Estadística.

La literatura revisada destaca que las propuestas que priorizan la comprensión del análisis de datos en contextos relevantes para el estudiante, apoyadas en el uso de herramientas tecnológicas, representan un recurso poderoso para fortalecer la comprensión conceptual y el desarrollo del conocimiento estadístico.

En este punto resulta importante aclarar aclarar que, cuando nos referimos al conocimiento estadístico, entendemos al mismo como un constructo formado por tres componentes relacionadas entre sí: la alfabetización, el razonamiento y el pensamiento estadístico, según las delimitaciones de Ben-Zvi & Garfield (2005). Para estos autores, la alfabetización estadística (que en adelante llamaremos AE) comprende las habilidades básicas para comprender la información estadística o resultados de una investigación, mientras que el razonamiento estadístico (que en adelante llamaremos RE) es definido como “la forma en que las personas razonan las ideas estadísticas y le dan sentido a esta información”. En relación al pensamiento estadístico (al cual denotaremos como PE), los autores señalan que implica comprender por qué y cómo se llevan a cabo las investigaciones estadísticas, la naturaleza del muestreo, cómo se utilizan los modelos para simular los fenómenos aleatorios y cuándo -y cómo- pueden utilizarse las herramientas inferenciales en el contexto de una situación problema.

Por otro lado, Gal (2002), entiende a la Alfabetización Estadística (*Statistical Literacy*) como un concepto amplio que incluye las ideas de razonamiento y pensamiento estadístico. En este sentido, indica que cualquier estudiante universitario alfabetizado estadísticamente debe ser capaz de establecer relaciones entre los distintos tipos de razonamientos estadísticos los cuales constituyen el andamiaje necesario sobre el cual se desarrollará el pensamiento estadístico. En palabras de Gal, un individuo alfabetizado estadísticamente presenta dos componentes interrelacionadas entre sí:

- a) *La habilidad para interpretar y evaluar críticamente la información estadística, argumentar sobre un conjunto de datos o sobre fenómenos estocásticos que pueden encontrar en diversos contextos.*
- b) *Capacidad para discutir o comunicar sus reacciones sobre informaciones estadísticas, tales como su comprensión del significado de la información, sus opiniones sobre las implicancias de esta información, o sobre la validez de las conclusiones dadas.*

En consecuencia, alfabetizar estadísticamente implica educar en la compresión de la información estadística y en la capacidad de analizarla críticamente. Es decir, una persona alfabetizada estadísticamente debería ser capaz de: organizar datos, representarlos, hacer resúmenes, comprender conceptos estadísticos fundamentales como media, mediana, variabilidad, probabilidades y capacidad para analizar e interpretar críticamente la información presentada. En este sentido, alfabetizar estadísticamente a futuros profesionales implica la responsabilidad de formarlos no sólo, para que puedan desarrollar las habilidades científicas necesarias para su futura profesión, sino también, resulta necesaria una formación más avanzada en la que la inferencia estadística desempeña un rol fundamental ya que la misma se encuentra asociada a los distintos tipos de razonamientos que promueve el pensamiento estadístico (Santellan, S & Tauber L, 2020).

En este sentido, entendemos que una educación centrada en la AE exige priorizar el desarrollo de ideas estocásticas fundamentales que propicien el proceso de comprensión de la información estadística, que a su vez, incluyen los conceptos fundamentales de la

inferencia estadística. De esta manera se da inicio al proceso de RE, que resulta indispensable para la génesis del Pensamiento Estadístico (PE).

En términos generales, el proceso podría ser descrito de la siguiente manera: La AE constituye el conocimiento base; el RE es el proceso activo por el cual un individuo utiliza esos conocimientos y, finalmente, el PE es la actividad cognitiva de utilizar ambos (AE y RE) para comprender el proceso de la investigación estadística y las ideas fundamentales que conforman la base de la metodología estadística (Zapata Cardona, 2018).

En línea con lo anterior, autores como Batanero et al. (2013) y Gal (2002) sostienen que para que el pensamiento estadístico tenga lugar, es necesario una enseñanza que permita fomentar el sentido estadístico en el estudiante dado que en él se encuentran implícitos los conceptos de alfabetización y razonamiento estadístico, y para ello sugieren el diseño de propuestas que permitan trabajar ideas estocásticas fundamentales, tales como: datos, gráficos, variabilidad aleatoria, distribución y, asociación y correlación, probabilidad y muestreo e inferencia. Si bien en el primer capítulo del presente estudio hemos desarrollado algunas de estas ideas fundamentales, realizaremos a continuación una breve descripción de cada una de ellas.

En relación a los datos, Batanero et al. (2013) sostienen la importancia del trabajo con los mismos como un aspecto fundamental para la construcción del sentido estadístico. Por otro lado, autores como Ben-Zvi & Garfield (2004) y Pfannkuch (2007) entienden que el valor de los datos se puede ver reflejado a lo largo de las distintas etapas del aprendizaje estadístico. En primer lugar, establecen que es crucial que los estudiantes comprendan la necesidad de los mismos, cómo se obtienen y que esta idea fundamental también puede verse asociada al concepto de muestreo. Otro aspecto importante del uso de este tipo de información radica en el hecho de que también permite a los estudiantes explorar la idea de variabilidad.

En línea con lo anterior, los expertos destacan el uso de representaciones gráficas y tablas, los cuales son elementos indispensables en cualquier informe o análisis de datos. Estas representaciones facilitan la interpretación de la información y forman parte de lo que Wild y Pfannkuch (1999) denominan Transnumeración, la cual se entiende como la transformación de los datos de una forma a otra, permitiendo obtener nuevas perspectivas y conocimientos a partir de la misma información. La Transnumeración es considerada un elemento clave del razonamiento estadístico, ya que permite profundizar el análisis y extraer conclusiones precisas a partir de los datos disponibles.

La idea de distribución es uno de los conceptos fundamentales en la enseñanza de la estadística ya que permite a los estudiantes comprender cómo se organizan y varían los datos dentro de un conjunto. En este sentido, los autores coinciden en que esta noción es fundamental para el desarrollo del razonamiento y pensamiento estadístico puesto que ésta idea posibilita pensar y extraer conclusiones sobre la población de la cual se extrajo el conjunto de datos. Además, Batanero (2013) señala que comprender la distribución implica identificar aspectos clave como la forma, el centro y la dispersión de un conjunto de datos. Esta visión ayudará a los estudiantes a pasar de un enfoque centrado en valores individuales a uno que considere la totalidad de los datos.

Siguiendo las ideas de Batanero (2013), encontramos que la autora destaca a la asociación y correlación como dos ideas fundamentales dentro del desarrollo del sentido estadístico y del razonamiento inferencial. Estos conceptos permiten a los estudiantes identificar y cuantificar el grado de relación entre dos variables.

La idea fundamental de probabilidad, destaca la importancia de que los estudiantes puedan reconocer los distintos enfoques de ésta en la comprensión de la incertidumbre. La probabilidad no solo proporciona una base teórica para el análisis de los fenómenos aleatorios, sino que también facilita la toma de decisiones en situaciones donde el azar y la variabilidad juegan un rol preponderante. Esta idea ayuda a los estudiantes a interpretar situaciones donde los resultados no son deterministas, sino que dependen del azar. Desarrollar esta comprensión resulta fundamental para la toma de decisiones en contextos cotidianos y científicos. Asimismo, podemos agregar que la probabilidad es un vínculo necesario entre la descripción de datos y la inferencia estadística. El entendimiento de esta idea sienta las bases para la interpretación de intervalos de confianza, contraste de hipótesis y otros procedimientos inferenciales.

Finalmente, el desarrollo en términos de la idea de muestreo e inferencia tiene como objetivo promover la comprensión de cómo se obtienen conclusiones sobre una población a partir del análisis de una muestra. Para ello, Batanero destaca la importancia de que los estudiantes comprendan que una muestra debe ser representativa de la población de la cual se extrajo para que las conclusiones sean válidas. Además, resulta importante entender la variabilidad entre muestras -lo cual genera incertidumbre en las inferencias- y que el muestreo debe ser aleatorio para minimizar la posibilidad de sesgos. En este punto resulta importante enfatizar que la inferencia estadística es un proceso probabilístico, donde las conclusiones se establecen con un determinado nivel de confianza y esto permite situar los resultados dentro de un marco de incertidumbre controlada.

De lo expuesto hasta aquí, podemos deducir, que el desarrollo del sentido estadístico, tal como lo plantea Batanero (2013), constituye la base sobre la cual se cimienta la construcción del razonamiento y pensamiento estadístico. Las ideas fundamentales propuestas, proporcionan el andamiaje necesario para que los futuros profesionales puedan comenzar a interpretar y analizar la información estadística de manera crítica y contextualizada.

Desde esta perspectiva, el sentido estadístico propicia el desarrollo de otros tipos de razonamientos más complejos, que entendido en términos de Gal (2002) y Ben-Zvi y Garfield (2004) implican la capacidad para establecer conexiones entre conceptos, formular inferencias y dar sentido a los datos. Finalmente, luego de estos procesos emerge el pensamiento estadístico, tal como lo describen Wild y Pfannkuch (1999), el cual puede considerarse como el objetivo final del proceso. Este pensamiento implica no sólo la comprensión de los conceptos y procedimientos estadísticos, sino también la capacidad de aplicar esos conocimientos en la resolución de problemas complejos.

Teniendo en cuenta esto, y desde nuestra perspectiva como docentes e investigadores, podemos reconocer que una propuesta de enseñanza enfocada en interconectar las ideas fundamentales sentará las bases necesarias para la construcción de otras formas de razonamientos. En este sentido, entendemos que una mirada a través de un proyecto que permita trabajar las distintas ideas fundamentales tendrá el potencial necesario para alcanzar los objetivos pedagógicos propuestos. Por ejemplo, se podría diseñar un proyecto que contemple un contexto y un conjunto de datos a partir del cual se podrían diseñar preguntas cuyas respuestas involucren la utilización de la información suministrada. Así, si se pretende trabajar ideas fundamentales tales como tablas, gráficas, distribución y variabilidad, en una primera instancia, podríamos centrarnos en preguntas relacionadas con un análisis de tipo exploratorio. Este análisis permitiría la construcción de representaciones

gráficas las cuales ayudarían a los estudiantes no solo a reflexionar sobre la distribución del conjunto de datos, su forma, la concentración de los mismos en torno a un valor particular, sino también su significado en el contexto de análisis.

Asimismo, en una segunda fase del proyecto, se podría contemplar un esquema de preguntas que permitan al estudiante utilizar los conocimientos adquiridos en la etapa exploratoria pero orientadas a realizar inferencias sobre poblaciones. Toda esta práctica debe ir acompañada con la posibilidad de la elaboración de un informe escrito que permita la comunicación de los resultados obtenidos.

El análisis anterior sugiere que un diseño pedagógico que articule de manera coherente los conceptos teóricos mencionados podría favorecer la construcción de un conocimiento estadístico sólido sustentado en la AE en términos de Gal (2019), promoviendo al mismo tiempo el desarrollo de competencias de razonamiento y pensamiento que constituyen la génesis necesaria para la enseñanza de la inferencia estadística en etapas formativas posteriores.

### 3.6. Importancia de la Inferencia estadística: desde la informalidad a la formalidad

Como es bien sabido, la inferencia estadística es una de las áreas de mayor utilidad de la estadística ya que permite obtener conclusiones acerca de una población a partir de la información proporcionada por una muestra. Entre los métodos formales de inferencia estadística Garfield & Ben-Zvi (2008) distinguen dos temas importantes dentro de ésta: la estimación de parámetros y las pruebas de hipótesis. En términos generales, el primer tema se refiere a la generalización de una muestra a una población, mientras que el segundo implica determinar si un patrón en los datos puede atribuirse a un efecto real.

En los últimos años, diversas investigaciones Batanero et al. (2012); Garfield & Ben-Zvi, (2008); Harradine et al. (2011) han mostrado las dificultades que presentan tanto los estudiantes como los docentes al momento de realizar inferencias. Entre los principales problemas detectados se encuentran: comprensión del nivel de significancia, tipo de error, la lógica de las pruebas de hipótesis, el planteo de las hipótesis estadísticas y las distribuciones muestrales. En este sentido, autores como Lugo-Armenta & Pino-Fan (2022) indican que estas dificultades pueden llevar al estudiante a enfocarse más en resoluciones de tipo algorítmicas que en las nociones conceptuales involucradas en la inferencia. No obstante, de acuerdo con los autores, la inferencia debe incluir la evidencia y el razonamiento sobre los cuales se lleva a cabo.

Con el objetivo de dar respuestas a dichas dificultades las líneas de investigación en educación estadística se han inclinado sobre dos posturas, por un lado, sobre cómo afrontar la inferencia desde una perspectiva informal, denominada razonamiento inferencial informal (que llamaremos RII) (Zieffler et al., 2008; Tauber & Santellán, 2019) y, por otro lado, sobre cómo construir sobre ese RII una base sólida para el razonamiento inferencial formal (que a partir de aquí llamaremos RIF) (Jacob & Doerr, 2014). Dada esta perspectiva, los especialistas enfatizan la necesidad de introducir la inferencia por etapas, es decir, promover progresivamente el RIF en los estudiantes a partir de prácticas pedagógicas que posibiliten un equilibrio entre el rigor metodológico y la intuición.

Dada la importancia de comprender y razonar sobre inferencia estadística y teniendo en cuenta las dificultades detectadas con este tipo de razonamiento, numerosos estudios

(Pfannkuch, 2005; Zieffler, 2008; Lugo-Armenta & Pino-Fan, 2021) se han basado en evaluar la expresión del RII cuando los estudiantes son expuestos a situaciones que les permitan utilizar métodos informales para hacer inferencias, por ejemplo, la comparación de dos grupos a partir de sus diagramas de caja utilizando datos muestrales. Sin embargo, y a pesar de que existe mucha literatura disponible, términos como “Inferencia Estadística Informal” y “Razonamiento Inferencial Informal” parecen no estar del todo claros.

En línea con lo anterior, Zieffler et al. (2008), plantean la necesidad de considerar el conjunto de conocimientos previos con que los estudiantes llegan a cursos introductorios de estadística. En este sentido, los autores recomiendan el diseño de propuestas didácticas que contemplen este conocimiento informal. En este punto nos parece útil describir las distinciones entre los términos “conocimiento informal” y “razonamiento inferencial informal”.

El Conocimiento informal (CI) se refiere a un tipo de conocimiento cotidiano que los estudiantes traen a las clases pero basado en experiencias cotidianas, vivencias previas, o el conocimiento menos formalizado de temas que resultan de la instrucción formal previa, o de una combinación de ambos (Zieffler et al., 2008). Por otro lado, el RII, resulta un poco más complejo de dimensionar puesto que integra en su definición las ideas del razonamiento informal, el cual a su vez, se manifiesta en situaciones no educativas, relacionadas con la toma de decisiones en la vida cotidiana. Hecha esta aclaración, Pfannkuch (2006) define el RII como la capacidad de interconectar ideas de distribución, muestreo y centro, dentro de un ciclo de razonamiento empírico. En palabras de Zieffler et al. (2008) el RII puede entenderse como la capacidad de un estudiante de “buscar más allá de los datos” a través de un argumento razonado que no involucra cálculos, método o técnica formal.

Teniendo en cuenta las contribuciones de Zieffler et al. (2008), los autores recogen en su estudio una serie de principios fundamentales que deberían guiar cualquier propuesta de enseñanza orientada a fortalecer la Alfabetización Estadística (AE). Estos principios no solo respaldan nuestra perspectiva sobre la enseñanza de la estadística, sino que también constituyen el eje central para el diseño de nuestra propuesta de análisis. Algunos de estos fundamentos son:

1. Para resolver un objetivo o tarea los estudiantes combinan el conocimiento basado en experiencias de la vida cotidiana junto con la instrucción formal. Por lo tanto el CI está formado por distintos tipos de conocimientos.
2. El CI es considerado el punto de partida sobre el cual se sustenta el conocimiento formal.
3. Una propuesta de enseñanza debe ser diseñada para ayudar a los estudiantes con diferentes tipos de conocimiento informal que luego serán necesarios para la introducción formal de un concepto en particular.
4. El aprendizaje que posibilite actividades de socialización, discusión, acuerdos, interacción social aportará valor al desarrollo del CI.

En este contexto, y respaldados por la evidencia existente, sostenemos que, para fomentar la participación activa de los estudiantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la estadística, resulta esencial integrar a nuestro análisis las herramientas que nos permitan evaluar y caracterizar los indicadores y elementos que componen el Conocimiento Informal y el Razonamiento Inferencial Informal, ya que como mencionamos al comienzo de esta sección, estos elementos constituyen el andamiaje sobre el cual se construye la comprensión de conceptos más complejos, como ser, la inferencia estadística.

Otro aspecto importante de nuestra investigación radica en el hecho de evaluar los elementos clave que evidencian la expresión del RIF. Este tipo de razonamiento se entiende como la capacidad de realizar inferencias estadísticas rigurosas a partir de datos muestrales pero utilizando procedimientos estadísticos formales como intervalos de confianza, pruebas de hipótesis y modelos probabilísticos. Este tipo de razonamiento implica no solo la aplicación mecánica de procedimientos, sino también una profunda comprensión de los conceptos subyacentes como, la variabilidad, incertidumbre y la generalización de los resultados. Como hemos expresado oportunamente, el RIF no debe dimensionarse como un hecho puntual, es decir, como un proceso que tendrá lugar luego de una instrucción en términos formales, sino por el contrario, este proceso de razonamiento emergirá como una transición a partir de los razonamientos informales desarrollados a partir de prácticas guiadas que permitan a los estudiantes reflexionar sobre los datos en contextos auténticos.

En este sentido, consideramos relevante para nuestro estudio integrar aquellos elementos que permiten definir y caracterizar el RIF en el contexto de las actividades realizadas por los estudiantes al abordar inferencias estadísticas. No obstante, antes de profundizar en los aportes teóricos que sustentarán la construcción de nuestro instrumento de análisis, consideramos pertinente llevar a cabo una breve revisión de las principales dificultades que los estudiantes suelen enfrentar al momento de realizar inferencias estadísticas. Este análisis preliminar no solo enriquece la comprensión del fenómeno, sino que también nos aportará valiosa información para el diseño de estrategias para evaluar y fomentar el desarrollo del RIF.

### 3.7. Problemas observados al momento de realizar Inferencias Estadísticas

Inzunza Cazares & Jimenez Ramirez (2013), exponen los resultados de una investigación realizada con estudiantes universitarios de una carrera de matemática en el cual buscaban analizar y caracterizar el nivel de razonamiento estadístico de los estudiantes sobre los conceptos y el proceso involucrado en las pruebas de hipótesis. En una etapa preliminar del estudio los autores realizan una minuciosa descripción de los problemas más frecuentes observados en esta población al momento de resolver problemas vinculados a las pruebas de hipótesis.

A partir de la integración de los resultados observados por numerosos expertos en el área de educación estadística los investigadores muestran que los problemas evidenciados en la comprensión de las pruebas de hipótesis subyacen en la lógica misma de los métodos inferenciales, resultando esto complejo de entender tanto para estudiantes como para profesionales que utilizan estadística en su desempeño profesional.

Entre las principales causas que podrían explicar dichas dificultades los investigadores destacan a la diversidad de conceptos abstractos, el tipo de enfoque formal educativo por el cual se aborda su enseñanza, falta de integración y relación entre conceptos como población, muestra, estadístico de prueba, distribución muestral del estadístico, nivel de significancia, hipótesis nula y alternativa, valor p, regiones de rechazo y no rechazo, entre otros problemas.

Luego de realizar una exhaustiva revisión técnica de los fundamentos implícitos en las pruebas de hipótesis paramétricas, los investigadores destacan lo poco estudiado del tema a pesar de la importancia de que representan en cursos universitarios de estadística y en la aplicación en la mayoría de las disciplinas científicas. En la parte final de su revisión, los

autores realizan un detalle de los principales problemas detectados en los estudiantes y profesionales al momento de realizar inferencia. A continuación describiremos algunos de ellos:

- a) *Definición de las hipótesis*: Confusión en la definición de hipótesis nula e hipótesis alternativa; confusión de la hipótesis nula con la región de aceptación; creencia de que una hipótesis puede referirse tanto a la población como a la muestra y confundir las hipótesis estadísticas con las de la investigación.
- b) *Nivel de significancia*: Invertir el condicional del nivel de significancia, es decir se tiende a interpretarlo como la probabilidad de que la hipótesis nula sea verdadera siendo que ha sido rechazada; interpretar el nivel de significancia como la probabilidad de que una de las hipótesis sea cierta; interpretar el nivel de significancia como la probabilidad de cometer un error.
- c) *Sobre el valor p*: Interpretar el valor numérico del valor p como un indicador de la intensidad del efecto del tratamiento o la variable bajo prueba.
- d) *Interpretación de la significancia estadística*: Se tiende a confundir significancia práctica y significancia estadística.

Para el cumplimiento del objetivo propuesto, los autores utilizaron un modelo taxonómico SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes) que frecuentemente es utilizado para definir distintas categorías del desarrollo cognitivo de conceptos estadísticos. Este modelo, permite clasificar las respuestas a preguntas o tareas en cinco niveles relacionados entre sí, a saber: Nivel Preestructural; Nivel Uniestructural; Nivel Multiestructural; Nivel Relacional; Nivel Abstracto Extendido. Cada uno de estos niveles permiten clasificar las respuestas en orden creciente de complejidad de los razonamientos inferenciales puestos en juego. Por ejemplo, los niveles iniciales (Preestructural y Uniestructural) se centran en aspectos aislados y básicos, mientras que los niveles superiores (Relacional y Abstracto) requieren integración y generalización.

Por otro lado, Lugo-Armenta & Pino-Fan (2022), realizaron una investigación en la cual buscaban caracterizar el RIF construido sobre la base del RII en estudiantes del profesorado de matemática al momento de resolver actividades relacionadas al estadístico t-Student. Para ello se basaron en las nociones teóricas y metodológicas del enfoque ontosemiótico del conocimiento.

En primer lugar, los autores destacan la importancia de la inferencia estadística como una competencia fundamental para cualquier disciplina científica y, seguidamente, enumeran una serie de inconvenientes que se presentan al momento de su utilización. En este sentido, los autores coinciden con la mayoría de los problemas detallados en el trabajo citado previamente pero destacando inconvenientes observados en la comprensión de la distribución muestral del estadístico, indicando a éste como un problema recurrente que puede ser observado tanto en estudiantes como en profesores.

Como mencionamos en la sección anterior, los expertos coinciden en la necesidad de introducir la inferencia por etapas, es decir, enfocarse en propuestas pedagógicas que privilegien la introducción de los conceptos inferenciales de una manera intuitiva (informal) en las primeras etapas de la instrucción y luego de formalizar dicha instrucción incorporar actividades que permitan contextualizar esos saberes. Sin embargo, los estudios analizados son coincidentes en que el camino desde el RII al RIF aún no es muy claro y que actualmente se encuentra en discusión.

Luego de realizar una minuciosa revisión teniendo en cuenta los aportes de referentes en el área de educación estadística como: Ben-Zvi & Garfield (2004); Lugo-Armenta & Pino-Fan (2022); Pfannkuch & Wild (2000), entre otros -los cuales también han sido objeto de análisis en el presente estudio- los autores establecen un posicionamiento pragmático sobre la construcción del conocimiento. En este sentido, entienden que el razonamiento estadístico puede ser visto como una integración entre el pensamiento, el razonamiento y la alfabetización estadística.

Para cumplir con el objetivo del estudio, los investigadores presentan un modelo de análisis basado en cuatro niveles, que permite integrar los distintos tipos de razonamientos (RII y RIF) con distintos grados de asociación entre ellos. Realizaremos a continuación una breve descripción de cada uno de ellos y su implicancia en el análisis de las respuestas:

*Nivel 1:* agrupa indicadores del RII que no solo están relacionados con la interpretación de gráficos o de resúmenes numéricos, sino también, se enfocan en identificar el razonamiento inferencial y las posibles conjeturas que el estudiante pueda realizar a partir de los datos.

*Nivel 2:* resume elementos que permiten identificar un RII pero en términos pre-formales. Estos elementos están relacionados con la probabilidad (como una medida de la certidumbre asociada a un evento) pero sin guardar relación con el nivel de significancia o a un límite previamente establecido.

*Nivel 3:* este nivel reúne indicadores, también considerados pre-formales, pero con un mayor grado de formalidad que el nivel anterior. Un estudiante situado en este nivel será capaz de realizar una generalización de las pruebas inferenciales. Indicadores clave de este nivel son: lenguaje utilizado, forma de trabajar y nociones de significancia.

*Nivel 4:* agrupa elementos distintivos del RIF. Aquí el estudiante será capaz de tomar decisiones luego de llevar a cabo una metodología previamente definida, también podrá analizar críticamente los resultados obtenidos y su relación contextual.

Lo expuesto hasta aquí nos permite adoptar una postura fundamentada en la definición de los elementos e indicadores clave que serán objeto de análisis en este estudio. A partir de la descripción realizada, identificamos consenso en los siguientes aspectos:

- a) *Enseñanza contextualizada con datos reales:* La enseñanza de la estadística, sin importar el nivel educativo, debe estar contextualizada y basarse en datos reales para garantizar experiencias de aprendizaje significativas.
- b) *Estrategias didácticas reflexivas y colaborativas:* Las estrategias pedagógicas deben fomentar espacios de reflexión en los que los estudiantes asuman un compromiso activo con su aprendizaje. Estas estrategias deben promover tanto la discusión entre pares y expertos, como también la capacidad de comunicar de manera efectiva los resultados obtenidos.
- c) *Alfabetización estadística como base esencial:* La alfabetización estadística se reconoce como el conocimiento fundamental sobre el cual se construyen los diferentes tipos de pensamiento y razonamiento estadístico.
- d) *Desarrollo progresivo del razonamiento inferencial informal:* diseñar e implementar propuestas de enseñanza que impulsen el desarrollo del RII, ya que éste constituye la base para alcanzar el RIF.
- e) *Modelos y enfoques múltiples:* Es necesario utilizar diversos modelos y enfoques que permitan analizar y evidenciar los elementos de conocimiento y razonamiento

empleados por los estudiantes al resolver actividades relacionadas con el análisis de datos.

- f) *Importancia de la inferencia estadística:* La inferencia estadística se destaca como una herramienta metodológica esencial para la toma de decisiones informadas, especialmente en disciplinas relacionadas con ciencias de la salud.
- g) *Errores conceptuales en pruebas de hipótesis:* Los errores conceptuales cometidos por estudiantes y docentes al realizar pruebas de hipótesis constituyen un aspecto crítico que requiere atención en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- h) *Evaluación del razonamiento inferencial formal:* La implementación de diferentes marcos conceptuales es fundamental para evaluar de manera efectiva la construcción del RIF.

Esta descripción nos proporciona valiosa información, la cual contribuirá a la delimitación de nuestros objetivos de investigación y al diseño de los constructos que utilizaremos para nuestro análisis.

Presentaremos a continuación el modelo que utilizaremos como referencia para evaluar nuestra propuesta.

### 3.8. Desarrollo de un marco teórico para analizar las diferentes componentes del razonamiento estadístico en el análisis de datos.

Basados en el análisis previo, consideramos pertinente estructurar nuestro modelo de referencia en torno a tres dimensiones las cuales, nos permitirán realizar un abordaje multidimensional del proceso de aprendizaje en el contexto de nuestro estudio. La primera dimensión se centra en la identificación y caracterización de los elementos de la alfabetización estadística, entendida como la base necesaria para interpretar, comunicar y contextualizar información estadística de manera efectiva. La segunda dimensión se enfoca en la identificación de los componentes esenciales del RII, enfatizando cómo los estudiantes identifican patrones, interpretan variabilidad y formulan conclusiones preliminares a partir de datos sin recurrir a procedimientos estadísticos formales. Finalmente, la tercera dimensión está orientada a la identificación y análisis de los elementos del RIF que los estudiantes movilizan al resolver actividades en el marco de un proyecto, poniendo de manifiesto su capacidad para aplicar procedimientos formales, justificar la toma de decisiones y comunicar conclusiones fundamentadas.

Este enfoque nos permitirá articular de manera coherente las diversas etapas del razonamiento estadístico y, al mismo tiempo, contribuirá al diseño de las herramientas analíticas que posibiliten captar la complejidad del aprendizaje estadístico en escenarios prácticos.

Describiremos a continuación cada una de las tres dimensiones que consideraremos en nuestro modelo.

## 3.9. Alfabetización Estadística en contextos de cuestionamiento

Para esta dimensión de análisis tendremos en cuenta los aportes realizados por Gal (2004) quien, basado en estudios previos de alfabetización estadística y competencias científicas, describe que para que la información estadística pueda ser interpretada y evaluada críticamente deben coexistir dos componentes esenciales. El primero de ellos es el componente de conocimiento (compuesto por cinco elementos cognitivos: habilidades de alfabetización, conocimiento estadístico, conocimiento matemático, conocimiento del contexto y preguntas o habilidades críticas). El segundo componente involucra aspectos disposicionales, el cual está compuesto por dos elementos: postura crítica y creencias y actitudes.

A continuación, describiremos brevemente cada uno de los componentes y los elementos ligados a cada uno de ellos.

### 3.9.1. Componentes de conocimiento:

Los cinco elementos asociados a este componente contribuyen conjuntamente a la capacidad de una persona para comprender, interpretar y evaluar críticamente información estadística. Es decir, la contribución de cada uno de estos elementos a la componente de conocimiento, según Gal (2004), no ocurre de forma aislada, por el contrario, cada uno de estos elementos se encuentran interconectados entre sí, formando parte de un entramado que involucra diferentes actividades cognitivas que actúan como promotores de la AE. Sin embargo, para poder identificar estos elementos (dada la complejidad intrínseca de los razonamientos) de las producciones de los estudiantes resulta necesario caracterizarlos de forma aislada (Santellan, 2019; Tauber & Santellan, 2019).

#### 3.9.1.1. Habilidades de Alfabetización (Elemento C1):

Este elemento, que Gal (2004), denomina Alfabetización Documental, comprende un conjunto de habilidades cognitivas necesarias para interactuar eficazmente con la información estadística. Este componente, se centra en la capacidad de los individuos para leer, interpretar y analizar información que puede estar presentada en diversos formatos, como por ejemplo, gráficos, tablas de frecuencias y resúmenes numéricos.

Además de la comprensión de la información básica contenida en los datos, este componente involucra habilidades que requieren procesos cognitivos más complejos. Entre estas habilidades se encuentran:

1. Regresión a diferentes partes del texto: La capacidad de volver sobre elementos previos del contenido para integrar conceptos y datos de manera coherente.
2. Integración de información de múltiples fuentes: Habilidad para conectar datos provenientes de diferentes representaciones, como tablas, gráficos y descripciones textuales, para construir una comprensión global del contexto analizado.
3. Generación de nueva información: Incluye la capacidad de derivar información no explícita en el texto a partir de los datos presentados. Esto puede implicar realizar inferencias, identificar patrones, calcular indicadores o elaborar nuevas representaciones gráficas que aporten claridad al análisis.

La interrelación de éstos subelementos se completa cuando los individuos que finalizan un curso básico de estadística son capaces de identificar, interpretar y utilizar la información

que se presenta en tablas, gráficos y resúmenes numéricos que contemplen información cuantitativa.

### 3.9.1.2. Conocimiento estadístico (Elemento C2):

En relación a este elemento, podemos decir que el mismo involucra el conocimiento de los conceptos y procedimientos estadísticos y probabilísticos básicos junto con los conceptos matemáticos asociados a éstos. Este elemento se compone de habilidades como: reconocimiento de la necesidad de los datos y cómo son generados, comprender el concepto de variables, reconocer aspectos básicos relacionados con el diseño de un experimento o investigación estadística, como por ejemplo: tipo de muestra, procedimiento de muestreo, instrumento de relevamiento de datos y razonar inferencialmente.

A modo de resumen, Gal (2004), indica que las componentes conocimiento estadístico y matemático básico podría reducirse a sólo cinco sub elementos, a saber:

- 1) Entender por qué se necesitan datos y cómo pueden ser generados.
- 2) Familiaridad con los términos e ideas básicas relacionadas con la estadística descriptiva.
- 3) Familiaridad con los términos e ideas básicas relacionadas con las representaciones gráficas y tabulares.
- 4) Comprender las nociones básicas de probabilidad.
- 5) Saber cómo realizar conclusiones o inferencia estadística.

### 3.9.1.3. Conocimiento matemático básico (Elemento C3)

Como hemos discutido previamente, si bien la estadística utiliza ampliamente la matemática, su enseñanza no debe centrarse en las derivaciones matemáticas subyacentes a conceptos clave, ya que un excesivo énfasis en la teoría matemática podría obstaculizar la comprensión intuitiva de conceptos estadísticos esenciales que no siempre tienen representaciones matemáticas puesto que son exclusivos de la estadística.

En este contexto, los expertos (entre ellos Gal) señalan que la enseñanza de la estadística en los cursos universitarios introductorios debería centrarse en las ideas estadísticas básicas: la necesidad de los datos, su producción, la variabilidad y la necesidad de describir y explicar esa variabilidad. Estas ideas pueden resultar complejas incluso para estudiantes universitarios, esto indica que la alfabetización estadística no necesariamente requiere un dominio matemático avanzado, sino una combinación de habilidades numéricas y comprensión conceptual intuitiva (Gal, 2004).

En este punto, consideramos pertinente incorporar a los lineamientos de Gal los aportes realizados por Tauber y Santellán (2019), quienes definen a este elemento como el conjunto de habilidades numéricas necesarias para realizar interpretaciones basadas en los informes estadísticos.

### 3.9.1.4. Conocimiento Base del mundo o del Contexto (Elemento C4)

Este elemento hace referencia a la visualización e interpretación de los datos en su contexto ya que constituye la fuente de significado y el que proporciona la base para interpretar los resultados obtenidos. En este punto resulta importante tener en cuenta el diseño empleado en el estudio para no distorsionar las interpretaciones del mismo. Por ejemplo, si un lector de información estadística no está familiarizado con el contexto en el que fue llevado a cabo el estudio, le resultará más difícil imaginar por qué puede surgir una diferencia entre grupos,

qué interpretaciones alternativas podrían surgir a partir de una asociación detectada entre ciertas variables o incluso, posibles fuentes de error en el diseño del estudio.

### 3.9.1.5. Habilidades críticas (Elemento C5)

La información estadística que se divulga habitualmente en los distintos medios de comunicación es generada a partir de fuentes muy diversas: periodistas, políticos, industrias e incluso científicos. Dependiendo de sus intereses y objetivos, dichas fuentes no necesariamente estarán interesadas en presentar informes equilibrados y objetivos de sus hallazgos. En este sentido, Gal (2004) sostiene que cualquier persona alfabetizada estadísticamente debe ser capaz de analizar críticamente las afirmaciones presentadas en los informes estadísticos de manera de poner a prueba la validez de los mensajes, la naturaleza y credibilidad de las conclusiones a las cuales arriba el estudio y las posibles interpretaciones alternativas subyacente a la información suministrada. Teniendo en cuenta esto, sugiere un listado de preguntas que se deberían tener en mente al momento de analizar información estadística. A modo de ejemplo, describiremos algunas de ellas: ¿De dónde provienen los datos?, ¿Qué tipo de estudio fue?, ¿Es razonable este tipo de estudio en este contexto?, ¿Tiene la muestra algún sesgo? En general, ¿podría esta muestra conducir razonablemente a inferencias válidas sobre la población objetivo?, ¿Son las estadísticas reportadas apropiadas para este tipo de datos?, ¿Son razonables y están respaldadas por los datos las afirmaciones realizadas?, ¿Se usó un promedio para resumir datos ordinales?, ¿Es razonable usar el modo como resumen?, ¿Podrían los valores atípicos hacer que un resumen numérico represente erróneamente la realidad?, ¿El gráfico está presentado de forma adecuada o distorsiona las tendencias de los datos?

Estas preguntas de “verificación” deberían ser tenidas en cuenta al momento de analizar críticamente la información que emerge de los diferentes reportes pero también para la información producida por el estudiante o estadístico, ya que podrían contribuir a identificar posibles errores de análisis e interpretaciones.

## 3.9.2. Elementos disposicionales

El término “disposicionales” se utiliza aquí para describir tres conceptos relacionados pero distintos e interconectados entre sí: la postura crítica, creencias y actitudes.

Según Gal, resulta difícil pensar en una persona alfabetizada estadísticamente si la misma no manifiesta la capacidad de utilizar las cinco bases de conocimiento descritas anteriormente o compartir con otros sus opiniones, juicios o interpretaciones. Para que la interconexión de los elementos de conocimiento tenga lugar, son necesarias las componentes disposicionales.

### 3.9.2.1. Postura crítica (Elemento D1)

Este elemento se centra en capturar la capacidad para adoptar una actitud de cuestionamiento hacia la información estadística cuantitativa orientada a la interpretación de datos y resultados de investigaciones. Un futuro profesional debería ser capaz de adoptar una actitud de cuestionamiento hacia mensajes que pueden resultar engañosos, sesgados, parciales o incompletos. Para lograr esto, resulta importante tener presente las preguntas de verificación que listamos previamente.

Este elemento se encuentra estrechamente relacionado al elemento de conocimiento C5, en el sentido de que si un estudiante logra desarrollar las capacidades cognitivas necesarias

para analizar información estadística (habilidades críticas), éstas lo llevarán a adoptar una actitud crítica permanente frente a los mensajes estadísticos.

### 3.9.2.2. Creencias y Actitudes (Elemento D2)

Las creencias y actitudes son conceptos fundamentales que influyen directamente en la alfabetización estadística y en la capacidad de adoptar una postura crítica frente a mensajes cuantitativos. Por ello resulta importante caracterizarlas para entender su impacto y su relación con el desarrollo del pensamiento estadístico.

- *Creencias*: Son ideas u opiniones personales formadas a lo largo del tiempo, moldeadas por factores culturales o experiencias previas. Estas poseen un fuerte componente cognitivo, lo cual las hace más estables y resistentes al cambio. Por ejemplo, alguien podría creer que "las estadísticas oficiales siempre son correctas" o pensar "no soy bueno con los números".
- *Actitudes*: Se refieren a sentimientos de carácter emocional que surgen de experiencias repetidas, sean positivas o negativas. Estas se manifiestan de manera continua y pueden ser de agrado o desagrado hacia algún tema, objetos o acciones. Por ejemplo, una persona puede decir: "No me gusta la estadística porque nunca me gustó la matemática".

Para desarrollar una postura crítica en los estudiantes, es esencial que adquieran la creencia de que cuestionar argumentos, conclusiones y mensajes estadísticos no sólo es legítimo, sino también necesario. Este enfoque es una característica clave que contribuirá al fortalecimiento de un pensamiento estadístico sólido y bien fundamentado.

El modelo presentado define las componentes esenciales de la alfabetización estadística, sin embargo, para que la misma tenga lugar resulta necesaria la integración tanto de los elementos de conocimiento como de los disposicionales, ya que ambos se encuentran interconectados.

La tabla 3.1 muestra cada componente junto con sus características principales.

### 3.10.1. Elementos del Razonamiento Inferencial Informal

Como se ha señalado en apartados precedentes, todo enfoque pedagógico orientado a la Alfabetización Estadística (AE) y al desarrollo del razonamiento estadístico constituye un sustrato epistemológico fundamental para la emergencia del pensamiento estadístico. En consonancia con esta afirmación y teniendo en cuenta los aportes de Tuber & Santellan ([2019](#)), incorporaremos a nuestro marco analítico una segunda dimensión de análisis, estrechamente vinculada a la arquitectura cognitiva del razonamiento estadístico. Para operacionalizar esta categorización, hemos adoptado como referencia la taxonomía propuesta por Pfannkuch ([2007](#)), que establece una distinción fundamental entre componentes del razonamiento (procesos sustantivos de análisis e interpretación) y factores moderadores (contexto, disposición crítica y herramientas metacognitivas), distinción que será resignificada en función de los objetivos de esta investigación.

En este sentido, la autora define siete elementos de razonamiento y dos moderadores del mismo (los cuales denotaremos con las letras R y M respectivamente) a continuación realizaremos una descripción de cada uno de ellos.

**Tabla 3.1***Elementos de alfabetización estadística.*

| Componente de conocimiento          | Descripción  |
|-------------------------------------|--|
| Habilidades de Alfabetización (C1)  | Capacidad de los individuos para leer, interpretar y analizar información presentada en diversos formatos: gráficos, tablas de frecuencias y resúmenes numéricos. Entendimiento de la información básica contenida en los datos. Involucra habilidades que contemplan procesos cognitivos complejos.   |
| Conocimiento estadístico (C2)       | Este conocimiento integra conceptos y procedimientos básicos de estadística, probabilidad y matemática. Fundamentalmente, requiere la habilidad de comprender todo el proceso de una investigación, abarcando desde la necesidad y generación de los datos, el diseño del estudio (variables, muestreo, instrumentos), hasta la capacidad de realizar inferencias a partir de la información obtenida. |
| Conocimiento matemático (C3)        | Conjunto de habilidades numéricas necesarias para realizar interpretaciones basadas en los informes estadísticos.  |
| Conocimiento Base del Contexto (C4) | Refiere a la visualización e interpretación de los datos en su contexto.   |
| Habilidades críticas (C5)           | Cuestionar, examinar la validez y credibilidad de los mensajes estadísticos. Analizar la evidencia implícita en las conclusiones que se publican.  |
| Elementos disposicionales           | Descripción  |
| Postura crítica (D1)                | Captura la capacidad para adoptar una actitud de cuestionamiento hacia la información estadística cuantitativa centrada en la interpretación de datos y resultados de investigaciones  |
| Creencias y Actitudes (D2)          | Las creencias no contienen argumento sentimental sino que se desarrollan luego de un proceso cognitivo, razón por la cual son más estables y menos susceptibles a los cambios.<br>Las actitudes representan sentimientos hacia acciones, objetos o temas.  |

Nota: Adaptado de Gal, 2004

### 3.10.2. Componentes del razonamiento inferencial informal

- *Generación de hipótesis (Elemento R1):* Este elemento se refiere a la capacidad de comparar y razonar sobre la tendencia general de los grupos, esto permite realizar generalizaciones.

- *Resumen (Elemento R2)*: se pone de manifiesto cuando se realizan comparaciones de los puntos clave de dos diagramas de caja. Por ejemplo, se comparan los cuartiles, la mediana, y los valores máximos y mínimos.
- *Señal (Elemento R3)*: Este elemento se centra en la comparación de la posición de un diagrama de caja en relación con otro. Por ejemplo, cuando se comparan dos distribuciones y se analiza la superposición o solapamiento del 50% central de los datos, cuando se comparan las medias o las mediana de dos distribuciones o cuando se identifican las categorías modales o frecuencias para describir un conjunto de datos.
- *Ruido (Elemento R4)*: este elemento se refiere a la comparación de la variabilidad entre dos o más distribuciones. Por ejemplo, por medio del rango, la desviación estándar, el coeficiente de variación o el rango intercuartílico.
- *Muestreo (Elemento R5)*: este elemento surge de considerar el tamaño muestral y sus implicancias al momento de realizar inferencias. Este elemento también permite considerar habilidades críticas al momento de analizar si las muestras obtenidas son adecuadas para realizar inferencias.
- *Fundamentación (Elemento R6)*: implica tener en cuenta el contexto de los datos, analizar si los resultados obtenidos tienen sentido en ese contexto y si se consideran explicaciones alternativas para esos resultados.
- *Casos Particulares (Elemento R7)*: aquí se considera la presencia de valores atípicos o la comparación de casos individuales dentro de los datos. En cualquier caso implica un análisis de sus características.

*En relación a los elementos moderadores del razonamiento, se consideran:*

- *Evaluación (Elemento M1)*: este elemento se refiere a la evaluación de la fuerza de la evidencia. Por ejemplo, el uso de calificativos tales como “ligeramente mayor”, “mucho menor”, “considerablemente diferente”.
- *Referencia (Elemento M2)*: se refiere al sistema de referencia utilizado para interpretar los datos. Este elemento emerge cuando se reconoce en la información contenida en resúmenes numéricos, las etiquetas, las medidas estadísticas, las características de la distribución y todo esto en función del contexto de análisis. Por ejemplo, referencia a los nombres de los grupos que se están comparando, referencia a las medidas estadísticas (mediana, cuartil, etc).

En la tabla 3.2 se muestra un resumen de los nueve elementos considerados junto con algunos de los posibles indicadores que contribuirían a evidenciar la presencia de cada uno de ellos.

**Tabla 3.2**

*Elementos de Razonamiento Inferencial Informal y sus indicadores*

| Elemento de razonamiento     | Descripción  | Indicadores  |
|------------------------------|--|--|
| Generación de hipótesis (R1) | Comparar y razonar sobre la tendencia general de los | Expresiones que sugieran una idea sobre las posibles diferencias o similitudes entre los grupos observados en los diagramas de caja.<br>Conclusiones que vayan más allá de la mera descripción |

---

|                         |   |  |
|-------------------------|---|--|
|                         | grupos.<br>Generalizaciones   | de los gráficos, intentando explicar una tendencia general.  |
| Resumen (R2)            | Se realizan comparaciones de los puntos clave de dos diagramas de caja.                                 | Mención explícita de los valores de los cinco números resumen (mínimo, Q1, Q2, Q3, máximo) para cada grupo. Comparaciones de los valores correspondientes de los cinco números resumen entre grupos. Por ejemplo: "La mediana de A es mayor que la mediana de B". Comparaciones de valores no correspondientes. Por ejemplo: "El cuartil superior de A es mayor que el cuartil inferior de B".   |
| Señal (R3)              | Comparación de la posición de un diagrama de caja en relación con otro                                  | Mención explícita del solapamiento o la falta de solapamiento entre las cajas (el 50% central). Declaraciones que indiquen la extensión del solapamiento, por ejemplo: "Las cajas se superponen un poco" o "Las cajas no se superponen". Interpretaciones del solapamiento en términos de diferencias entre grupos. Conexión del solapamiento con la magnitud de las diferencias entre los grupos.   |
| Ruido (R4)              | Comparación de la variabilidad entre dos o más distribuciones.  | Comparaciones de la longitud de las cajas o bigotes dentro de cada diagrama. Descripciones de cómo se distribuyen los datos dentro de los diagramas de caja (ej: "Los datos en la caja de A están más dispersos"). Comparación de la dispersión entre grupos. Por ejemplo: "La dispersión de los datos es mayor en el grupo A que en el grupo B". Mención de la densidad de los datos en diferentes regiones de la distribución, por ejemplo: "Los datos en el grupo A están más concentrados entre el primer cuartil y la mediana". |
| Muestreo (R5)           | Considera el tamaño muestral y sus implicancias al momento de realizar inferencias.                     | Expresiones como: "qué pasaría si se tomara otra muestra". Reflexiones acerca de si las conclusiones obtenidas se aplican a la población general o solo a la muestra estudiada. Consideraciones sobre cómo el tamaño de la muestra influye en las conclusiones.  |
| Fundamentación (R6)     | Tiene en cuenta el contexto de los datos, se consideran explicaciones alternativas para esos resultados | Reflexiones sobre el significado de los hallazgos en el contexto del problema. Propuestas de explicaciones alternativas para las diferencias o similitudes observadas. Por ejemplo, "La diferencia podría deberse a..." Evaluación de si los resultados tienen sentido con lo que se sabe sobre el tema.   |
| Casos Particulares (R7) | Considera la presencia de valores atípicos.   | Identificación de valores atípicos en los diagramas de caja. Comparaciones de casos individuales dentro de los datos, en particular de los extremos.   |

---

| Elementos Moderadores del Razonamiento | Descripción   | Indicadores   |
|--|---|---|
| Evaluación (M1)                        | Evaluación de la fuerza de la evidencia.                    | Uso de calificativos para describir la fuerza de la evidencia.<br>Declaraciones que evalúen la importancia de las diferencias o similitudes observadas.<br>Los estudiantes podrían considerar la evidencia de varios elementos para llegar a una conclusión, por ejemplo: "Si bien los datos se superponen un poco, en general el grupo A es mayor que B"<br>Uso de términos como "confiable", "evidencia", "suficiente" para evaluar la información. |
| Referencia (M2)                        | Sistema de referencia utilizado para interpretar los datos. | Referencia a los nombres de los grupos que se están comparando (ej. "Hombres", "Mujeres").<br>Referencia a las medidas estadísticas (ej. "mediana", "cuartil").<br>Referencia al tipo de datos (ej. "peso del paciente").<br>Referencia a los datos subyacentes a los diagramas de caja.  |

Estos elementos se consideran dependientes pero distinguibles entre sí. Esto significa que, aunque están relacionados y se influyen mutuamente, cada uno tiene características propias que permiten identificarlos de manera independiente. Por ejemplo, el elemento resumen puede estar relacionado con el elemento señal, pero cada uno de ellos tiene un enfoque diferente.

Por otro lado, los moderadores (Evaluación y Referencia) se encuentran contenidos dentro de cada uno de los siete elementos de razonamiento. Por ejemplo, cuando se analiza la superposición entre dos diagramas de caja (elemento R3) se está utilizando el elemento M2 (Referencia) para identificar los grupos (por ejemplo, Hombres y Mujeres) y el elemento M1 (Evaluación) para ponderar la fuerza de la evidencia. De todos modos, estos elementos no responden a una jerarquía, es decir, no hay un orden específico en que los mismos deban aplicarse. Sin embargo, su uso depende del contexto y el enfoque de la tarea o objetivo que intente resolverse.

Hasta este punto, hemos integrado a nuestro modelo el enfoque de Gal (2004) y la caracterización de Pfannkuch (2007), cuyas ideas nos proporcionan el sustento teórico necesario para orientar nuestro análisis. No obstante, para completar nuestro modelo, resulta necesario incorporar un esquema que permita identificar y caracterizar elementos distintivos del RIF que los estudiantes aplican al momento de resolver tareas o formular inferencias estadísticas.

### 3.11.1. Evaluación del Razonamiento Inferencial Formal

Lugo-Armenta & Pino-Fan (2022, 2021) analizan el razonamiento inferencial que demuestran los docentes de matemática al resolver problemas relacionados con el estadístico t-Student. Los autores conciben el razonamiento como un macroproceso social y epistémico que involucra tanto objetos matemáticos primarios (representaciones, conceptos, definiciones, propiedades, proposiciones, procedimientos y argumentos) como procesos matemáticos utilizados para resolver situaciones problemáticas.

Desde esta perspectiva, sostienen que para considerar que un individuo "comprende" el estadístico t-Student, su razonamiento debe evidenciar, de manera gradual y sistemática, el surgimiento de los objetos matemáticos vinculados a los significados de esta noción.

Para caracterizar estos objetos y procesos matemáticos asociados a la actividad cognitiva, los autores adoptan el Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemática (EOS). Este marco teórico permite comprender la construcción del conocimiento matemático como un conjunto de prácticas y acciones destinadas a resolver problemas, comunicar soluciones, validarlas y establecer generalizaciones (Godino et al. 2007; Godino, Batanero & Font, 2019; Presmeg, 2014).

Con el propósito de analizar el desarrollo progresivo del razonamiento inferencial, desde aspectos informales hasta su formalización, los autores proponen un modelo de análisis estructurado en tres niveles jerárquicos, organizados en orden creciente de complejidad.

Es así que, inspirados en este modelo hemos redefinido la categorización de los elementos de razonamiento contemplando sólo aquellos relacionados con el proceso de razonamiento formal. Describiremos a continuación los elementos considerados junto con una breve descripción de cada uno.

*Identificación (Elemento RF1):* este elemento hace referencia a la capacidad del individuo para identificar la prueba paramétrica necesaria para los datos y el objetivo propuesto. Esta unidad elemental también agrupa otro tipo de características propias del RIF tales como, comprensión de la lógica de la prueba t-Student para una y dos medias, capacidad para identificar la hipótesis nula implícita en el problema, muestra conocimiento sobre la distribución t-Student y su relación con los grados de libertad, entre otros factores.

*Lenguaje y restricciones (Elemento RF2):* este elemento identifica el lenguaje utilizado para el planteo de las hipótesis (escribe coloquialmente o utiliza simbología), implica también la comprensión de la significancia como indicador de la posibilidad de presencia de efecto, comprende que puede trabajar con tamaños muestrales pequeños si las muestras provienen de distribuciones normales. Puede calcular el valor del estadístico teórico, entre otros aspectos.

*Toma de decisión (Elemento RF3):* este elemento involucra indicadores relacionados con que el estudiante pueda tomar decisiones basado en las técnicas estadísticas de la metodología de las pruebas de hipótesis. Este elemento también captura la capacidad para plantear la hipótesis nula y alternativa con elementos lingüísticos simbólicos. Asigna un nivel de significancia a su estudio, es capaz de aplicar reglas para la toma de decisiones, por ejemplo, si el  $valor - p < \alpha$  se rechaza  $H_0$ .

La tabla 3.4 muestra un resumen de los elementos descritos junto al detalle de los indicadores más comunes asociados a cada uno de ellos.

**Tabla 3.4**

*Elementos del razonamiento inferencial formal y sus indicadores*

| Elemento de Razonamiento Formal | Descripción                                 | Indicadores  |
|---------------------------------|---|--|
| Identificación (RF1)            | Capacidad del individuo para identificar la | <ul style="list-style-type: none"><li>• Reconoce el tipo de datos que está trabajando y que provienen de poblaciones normales.</li><li>• Comprende el problema a resolver.</li></ul> |

- 
- prueba paramétrica necesaria para los datos y el objetivo propuesto
- Comprende la lógica de las pruebas t-Student para una muestra y para dos muestras.
  - Es capaz de seleccionar la prueba adecuada.
  - Identifica la hipótesis nula del problema.
  - Posee conocimientos sobre la relación entre la distribución normal y la t-Student.

#### Una Muestra

- En la Prueba t-Student para una media valora si la misma es igual a un valor  $\mu_0$ , Calcula:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

- Calcula y comprende los grados de libertad, de acuerdo con la propiedad:  $gl = n - 1$ .

#### Dos Muestras (con homogeneidad de varianzas)

- Comprende y calcula la varianza ponderada

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

- Comprende y calcula:

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

- Calcula y comprende los grados de libertad, de acuerdo con la propiedad:  $gl = n_1 + n_2 - 2$

#### Dos muestras (con heterocedasticidad de varianzas)

- Calcula y comprende el estadístico t-Student para este tipo de muestras.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{s_1^2 \frac{1}{n_1} + s_2^2 \frac{1}{n_2}}}$$

- Comprende y calcula los grados de libertad

$$gl = \frac{\left( \frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{s_1^4}{n_1^2(n_1 - 1)} + \frac{s_2^4}{n_2^2(n_2 - 1)}}$$

#### Muestras dependientes

- Calcula y comprende el estadístico t-Student

$$t = \frac{\bar{x}_D - \mu_0}{\frac{s_D}{\sqrt{n}}}$$

- Calcula y comprende los grados de libertad, de acuerdo con la propiedad:  $gl = n - 1$ .

---

Lenguaje y restricciones (RF2) utilizado para el planteo de las hipótesis.

- Entiende que puede trabajar con  $n < 30$  si las muestras provienen de poblaciones con distribución normal.
- Identifica correctamente si las muestras son dependientes o independientes, entendiendo sus implicancias metodológicas.
- Comprende los pasos a seguir en caso de igualdad o desigualdad de varianzas.
- Escribe ambas hipótesis en lenguaje natural.
- Comprende la significancia

---

|                               |   |  |
|-------------------------------|---|--|
| <p>Toma de decisión (RF3)</p> | <p>Toma decisiones basado en las técnicas estadísticas de la metodología de las pruebas de hipótesis.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Es capaz de rechazar o no la hipótesis nula y comprende su significado</li> <li>● Argumenta el por qué del rechazo (o no) de la hipótesis nula teniendo en cuenta la significancia.</li> <li>● Conecta los resultados de la prueba con el contexto del problema.</li> </ul><br><ul style="list-style-type: none"> <li>● Plantea las hipótesis estadísticas en lenguaje simbólico</li> <li>● Establece de forma autónoma un nivel de significancia</li> <li>● Comprende la relación entre el nivel de significancia (<math>\alpha</math>) y el nivel de confianza (<math>1 - \alpha</math>)</li> <li>● Utiliza el p-valor como criterio de rechazo</li> <li>● Puede representar gráficamente las regiones de rechazo y no rechazo</li> <li>● Brinda respuesta al problema</li> </ul> |
|-------------------------------|---|--|

Nota: Adaptado de "Niveles de razonamiento inferencial para el estadístico t-Student", por J. G. Lugo-Armenta y L. R. Pino-Fan, 2021, Bolema: Boletim de Educação Matemática, 35(71), p. 1783 (<https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n71a25>). CC BY.

### 3.12.1. Interrelación entre los diferentes elementos del modelo

Hasta aquí hemos definido un marco referencial robusto, que integra tres niveles de análisis. Por un lado, el modelo planteado por Gal (2004) que nos proporciona los elementos teóricos necesarios para reconocer tanto en la propuesta como en las respuestas de los estudiantes los elementos de conocimiento asociados a la alfabetización estadística. Por otro lado, integramos a nuestro modelo la propuesta diseñada por Pfannkuch (2007) a la cual le sumamos los aportes realizados por Tauber & Santellan (2019), este enfoque nos servirá de referencia para identificar en las respuestas de los estudiantes indicadores asociados a las expresiones del RII. Finalmente, completamos nuestro modelo incorporando un enfoque inspirado en el diseño metodológico se Lugo-Armenta & Pino-Fan (2021, 2022) orientado a analizar e identificar elementos del RIF que los estudiantes (luego de una instrucción formal) ponen en juego al resolver tareas u objetivos relacionados con inferencia estadística.

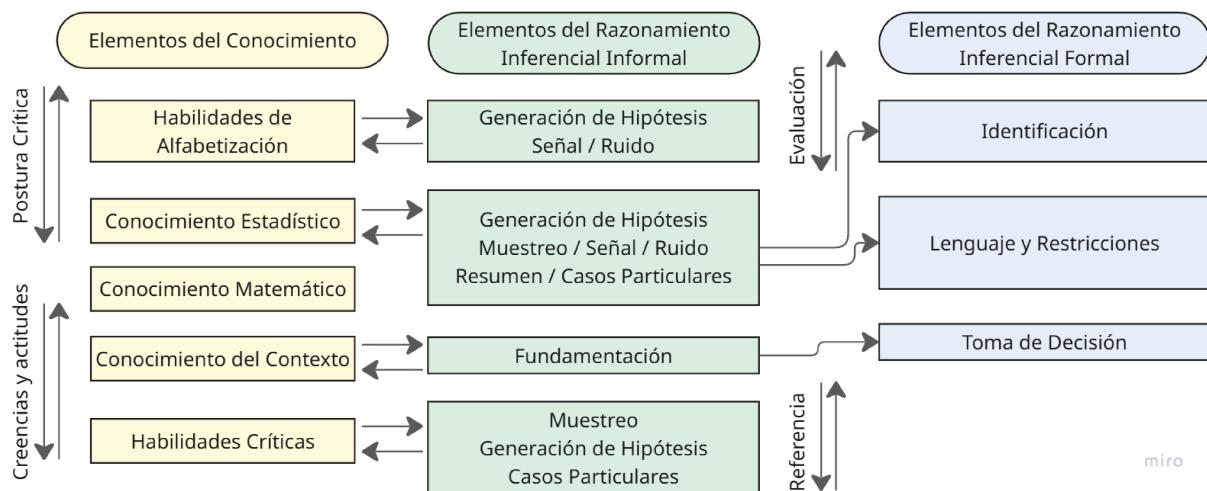
Un aspecto importante a tener en cuenta del modelo propuesto es el relacionado a que todos los elementos considerados no deben ser percibidos como estancos o aislados, sino por el contrario, los mismos se encuentran interconectados entre sí. Tauber & Santellan (2019), en su estudio elaboran un diagrama en el cual describen las diferentes vías, caminos y conexiones que presentan cada uno de los elementos analizados. En este sentido, y teniendo en cuenta el aporte de las autoras sumaremos al diseño las interrelaciones que se establecen con los elementos del RIF.

Asumiendo que los elementos disposicionales para la alfabetización estadística deben encontrarse activos dentro de los diferentes elementos de conocimiento, que los indicadores de razonamiento y moderadores del mismo se consideran parte constitutiva del RII, que a su vez, constituyen la génesis del RIF y que todo ello se integra de manera holística para

dar lugar al desarrollo del pensamiento estadístico, en la figura 3.1 muestra la interconexión entre Alfabetización Estadística, RII y RIF.

**Figura 3.1**

*Interrelaciones entre los elementos de las tres dimensiones de análisis.*



Nota: Adaptado de *Elementos de Inferencia Estadística Informal evidenciados en tareas aplicadas a estudiantes de Psicología* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Litoral], por S. M. Santellán, 2019, Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Litoral (<https://hdl.handle.net/11185/6349>).

Necesariamente, todo proceso de análisis e interpretación de resultados estadísticos involucrará elementos contemplados en cada una de las tres dimensiones contempladas en el marco de referencia que hemos definido.

La secuencia de interacción o manifestación de cada uno de los elementos descriptos podrá establecerse de la siguiente manera:

Cuando un individuo recibe información estadística en cualquiera de sus formas, ya sea, datos, tablas, resúmenes numéricos, etc. los primeros elementos de conocimiento que se manifiestan son las habilidades de alfabetización y el conocimiento estadístico (C1 y C2), ya que luego del primer contacto con esta información, el receptor de la misma deberá realizar una lectura adecuada de ésta, lo cual le posibilitará poner en marcha una serie de mecanismos cognitivos específicos que seguramente involucrarán, entre otros aspectos, el reconocimiento de los datos, la identificación de variables, el tipo de muestra, entendimiento del diseño del estudio y la transnumeración. Logrado esto, el sujeto podrá ir en busca de más información contenida en los datos, y luego de realizar una relectura intentará identificar las variables de interés para el análisis y, a partir de ellas podrá comenzar a identificar o calcular los estadísticos puntuales que le permitirán obtener información sobre el centro y la dispersión de cada variable o cada grupo de variables. Esta acción le permitirá establecer las primeras conjeturas sobre el conjunto de datos que se le brindó y reflexionar sobre el alcance de estas conjeturas en el contexto del problema de estudio.

A partir de aquí, comenzarán a emerger los primeros elementos de razonamiento informal, generación de hipótesis, señal, ruido y resumen. Estos elementos surgirán de manera necesaria en todo proceso que contemple el entendimiento, análisis y la discusión de información estadística.

Una etapa más avanzada de adquisición de habilidades, se pondría en evidencia cuando el sujeto comienza a realizar comparaciones sobre las distribuciones de las variables estudiadas, esto se efectiviza cuando el individuo comienza a razonar sobre las hipótesis que se encuentran implícitas en el problema, lo cual, contribuirá a que se manifiesten otros tipos de cuestionamientos como por ejemplo, representatividad de la muestra obtenida.

Claramente, un enfoque centrado en el reconocimiento de los cinco indicadores de conocimiento nos permitirá identificar de manera intrínseca elementos del razonamiento informal que se encuentran ligados a ellos como por ejemplo, generación de hipótesis, muestreo y fundamentación.

Luego de la identificación de los resultados numéricos obtenidos a partir de resúmenes obtenidos del análisis de los datos, tendrá lugar la componente de conocimiento matemático que le posibilitará al sujeto desarrollar la habilidad de realizar una lectura correcta de sus resultados. Este elemento, a su vez, se relaciona con señal y ruido puesto que, para que los resultados numéricos en un resumen o informe sean presentados y comunicados en primer lugar deben ser identificados, calculados y reconocidos por el sujeto que interacciona con la información.

La relación entre conocimiento de contexto y fundamentación se establece porque el primero permite reflexionar críticamente sobre los resultados obtenidos y sus implicancias en el contexto del estudio mientras que el segundo, se manifiesta al evaluar la coherencia de dichos resultados en el mismo contexto o al proponer explicaciones alternativas a dichos resultados. En otras palabras, el contexto nutre la interpretación y la fundamentación válida o cuestiona los resultados.

La relación entre los elementos de razonamiento (generación de hipótesis, muestreo y casos particulares) con las habilidades críticas se fundamenta en que un sujeto alfabetizado estadísticamente debería desarrollar una actitud de cuestionamiento sobre la información estadística. Esta actitud le permitirá analizar la validez de la información mediante el razonamiento vinculado a dichos elementos, como por ejemplo, evaluar si el tipo de muestreo aplicado se corresponde con las hipótesis planteadas en el estudio o si tiene un alcance adecuado para poder realizar inferencias. Por otro lado, esto también le permitirá adoptar una actitud crítica frente a sus propias respuestas lo que le posibilitará introducir nuevos cuestionamientos y fuentes alternativas de interpretación de los resultados.

Los elementos disposicionales del conocimiento y los moderadores del razonamiento pueden tener lugar en cualquier momento, permanecen latente y pueden ser requeridos al iniciarse un estado de reflexión en torno al análisis.

Finalmente, a medida que la instrucción estadística de un individuo continúa, el mismo podrá adquirir conocimientos sobre métodos inferenciales. Estas técnicas se integrarán al patrón de conocimientos ya existentes posibilitando la integración de los elementos del razonamiento inferencial formal, los cuales no estaban presentes en etapas tempranas de la instrucción. Del mismo modo que los elementos de conocimiento actúan como base para la génesis del RII, éste último posibilitará el desarrollo del RIF, reflejando de esta manera una clara transición desde la intuición y el análisis exploratorio hacia la rigurosidad técnica y metodológica.

Es así que, la trama de interrelaciones podría verse completada vinculando los elementos del RII, generación de hipótesis (R1) y moderadores del razonamiento Evaluación (M1) con Identificación y Lenguaje y Restricciones (RF1 y RF2), ya que en ellos se encuentran

inmersas estructuras como, identificación de la prueba paramétrica y el uso del nivel de significancia, entre otras. Otro de los elementos que guardan relación con los componentes del RIF, particularmente RF1 y RF2 son variabilidad (R4) y muestreo (R5), estos componentes se relacionan con la comprensión de las distribuciones muestrales y los supuestos asociados a las técnicas inferenciales desarrolladas. Finalmente, la fundamentación contextual (R6) se integra en la interpretación de los resultados en contexto, ligado al elemento RF3.

Por otro lado, las componentes de alfabetización también desempeñan un rol preponderante en la asociación con los elementos del RIF. Por ejemplo, la identificación (RF1) requiere integrar conocimientos estadísticos (C2) y matemáticos (C3) para seleccionar la técnica inferencial adecuada en función de los objetivos del estudio. También, Lenguaje y Restricciones (RF2) se nutre del conocimiento del contexto (C4) con terminología técnica (por ejemplo, hipótesis nula/alternativa) y los supuestos metodológicos (normalidad, homocedasticidad, muestras aleatorias).

Finalmente, el elemento Toma de decisiones (RF3) se relaciona con Habilidades críticas y Evaluación (C5 y M1), que se pondrán de manifiesto al momento de interpretar el p-valor, concluir sobre las hipótesis y conectar los resultados con el contexto del estudio.

De este modo, disponemos de un marco conceptual integrado que nos permitirá examinar la forma en que cada elemento se relaciona con otro en cada una de las dimensiones analizadas. Los modelos teóricos seleccionados (Gal, 2004; Pfannkuch, 2007; Lugo-Armenta & Pino-Fan, 2022) se complementan de manera sinérgica, permitiendo identificar los componentes clave que contribuyen al desarrollo de una sólida Alfabetización Estadística.

En base a esta delimitación conceptual, hemos definido los siguientes objetivos para nuestro estudio.

### 3.13. Objetivos de la investigación

A partir del marco referencial desarrollado previamente y, teniendo en cuenta que buscamos dar respuesta a las preguntas que nos formulamos al comienzo del presente estudio: *¿Cómo abordar los contenidos de Estadística para que el alumnado pueda desarrollar un razonamiento estadístico? ¿Qué elementos o indicadores nos permitirán evaluar si nuestra estrategia es apropiada para promover este tipo de razonamiento?* Delimitamos los siguientes objetivos generales y específicos de nuestra investigación.

#### 3.13.1. Objetivo general

Evaluar una propuesta de enseñanza basada en proyectos, a través del análisis de los elementos de Alfabetización Estadística, implícitos en los razonamientos inferencial informal y formal que evidencian los estudiantes de las carreras de Licenciatura en Biotecnología, Bioquímica y Licenciatura en Nutrición de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Litoral al momento de resolver actividades de un proyecto durante el año 2024.

#### 3.13.2. Objetivos específicos

Para poder cubrir el objetivo general propuesto debemos lograr los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar y evaluar una propuesta de enseñanza basada en proyectos, diseñada de manera específica para esta investigación, que posibilite caracterizar los elementos de AE, RII y RIF, que a priori se espera que surjan de su implementación.
- Identificar los elementos de la Alfabetización Estadística que los estudiantes evidencian al momento de enfrentarse a las resoluciones de las actividades propuestas en el diseño del proyecto.
- Describir y analizar los elementos del Razonamiento Inferencial Informal y sus interrelaciones con elementos de la Alfabetización Estadística que emplean los estudiantes al momento de resolver actividades relacionadas al análisis exploratorio.
- Caracterizar los elementos del Razonamiento Inferencial Formal que los estudiantes evidencian al momento de desarrollar actividades de inferencia estadística.
- Evaluar y comparar los niveles de Alfabetización Estadística alcanzados entre los estudiantes de las tres carreras analizadas.

## Capítulo IV

### Diseño Metodológico

---

#### 4.1. Introducción

Habiendo establecido en el Capítulo III el marco teórico sobre el cual se sustenta esta investigación, en el presente apartado nos adentraremos en la arquitectura metodológica que guiará tanto el diseño de la propuesta pedagógica como los instrumentos necesarios para recolección y análisis de los datos. Este diseño, fue elaborado para dar respuesta a los objetivos de investigación planteados y se alinea con los principios epistemológicos y pedagógicos previamente definidos. En las siguientes secciones, desglosaremos de manera sistemática el enfoque metodológico adoptado, detallando las razones detrás de esta elección y cómo se articula con la naturaleza compleja del fenómeno estudiado. Se presentarán los participantes involucrados, los instrumentos de recolección de datos diseñados para capturar la riqueza y profundidad de la evidencia, así como las técnicas de análisis que permitirán interpretar los hallazgos de forma rigurosa y significativa. En definitiva, este capítulo se constituye como la hoja de ruta que detalla el camino empírico que se recorrerá para dar respuesta a las preguntas centrales de este estudio.

#### 4.2. Estrategia Metodológica

Para el presente estudio se implementó un diseño metodológico mixto secuencial explicativo (Creswell & Plano Clark, 2018), intrínsecamente longitudinal y basado en el enfoque de la investigación-acción (Kemmis & McTaggart, 2005).

La adopción de un diseño mixto se justifica por la necesidad de obtener una comprensión integral y multidimensional del fenómeno estudiado. La componente cualitativa posibilitará una exploración en profundidad de los procesos cognitivos y disposicionales subyacentes, capturando la riqueza y complejidad de las producciones de los estudiantes, mientras que la componente cuantitativa permitirá evaluar de manera generalizable el impacto de la propuesta en el desarrollo de habilidades de alfabetización y razonamiento estadístico.

Adicionalmente, la elección de un diseño secuencial explicativo responde a la estructura en dos fases. En la primera fase, se priorizará la recolección y análisis de datos cualitativos para comprender en detalle los elementos cognitivos que emergen en los estudiantes durante las dos etapas del proyecto que se analizarán en este estudio. En una segunda fase, los hallazgos cualitativos nos proveerán valiosa información para el análisis cuantitativo, los cuales nos permitirán evaluar y comparar los niveles de alfabetización estadística en las tres carreras.

Por otro lado, la naturaleza longitudinal del diseño responde a la recolección de datos en dos etapas distintas, realizadas sobre la misma cohorte de sujetos, lo cual permitirá capturar la progresión del desarrollo de habilidades a lo largo de la intervención pedagógica.

Finalmente, el enfoque investigación-acción, se fundamenta en que dicha metodología se caracteriza por su enfoque práctico y cíclico, permitiendo indagar sobre problemas

concretos en contextos específicos a través de un proceso iterativo de planificación, acción, observación y reflexión, ésto la hace particularmente apropiada para el análisis de nuestra propuesta pedagógica.

Este enfoque nos permitirá, en última instancia, aportar información sobre un tema en particular que, en nuestro caso de estudio, ha sido poco explorado en nuestra región y ámbito educativo.

### 4.3. Estructura del Diseño de Investigación

Para la presente investigación, hemos optado por una estructura en diferentes etapas, diferenciadas entre sí y con propósitos individuales específicos, diseñadas para contribuir de manera secuencial al logro de los objetivos propuestos.

En una primera etapa, nos centramos en definir tanto los problemas asociados a nuestras prácticas docentes y los evidenciados por nuestros estudiantes como el contexto académico en el que se enmarca nuestro trabajo. Este proceso, junto con una exhaustiva revisión bibliográfica, resultó fundamental para delimitar y comprender en profundidad el problema de estudio. Además, ambos elementos permitieron formularnos las preguntas que guiaron nuestra investigación y contribuyeron a la génesis de nuestros objetivos. Paralelamente, la identificación de referentes teóricos clave en el campo de la educación estadística nos permitió definir un modelo teórico de análisis apropiado para evaluar los elementos asociados al desarrollo de la cultura estadística.

En una segunda etapa, nos hemos enfocado en el diseño de un proyecto para implementar en clases, a partir del cual se desprenden diferentes objetivos que deberán ser desarrollados por los estudiantes que cursen la asignatura. Este instrumento nos permitirá captar la información relevante para nuestra investigación.

La tercera etapa, estuvo orientada al análisis del instrumento definido previamente, con el objetivo de reconocer y describir cada uno de los elementos (y sus posibles relaciones) de conocimiento y razonamientos que podrían verse involucrados en el abordaje de cada objetivo del proyecto. En el marco de referencia definido en la etapa uno subyacen los argumentos teóricos que sustentan este análisis.

La etapa cuatro de nuestro estudio consistió en la implementación de nuestro instrumento y en el análisis de las respuestas obtenidas a partir de la resolución de cada uno de los objetivos definidos en el proyecto.

Finalmente, la quinta y última etapa de nuestra investigación consistió en discutir y concluir sobre las implicancias de los hallazgos de la etapa anterior. De esta etapa se desprenden las respuestas a los objetivos que nos hemos planteado.

#### 4.3.1 Estructura y diseño del Proyecto

Teniendo en cuenta los aportes y las recomendaciones brindadas por GAISE (Franklin et al., 2007) y Batanero & Diaz, (2011) analizados en Capítulo I del presente estudio y considerando las particularidades inherentes al contexto académico en el cual se desarrollan nuestras actividades docentes, se concibió el diseño de un proyecto con el propósito de emular la labor de un investigador que pretende dar respuestas a interrogantes de investigación a partir de datos empíricos.

La concepción de la propuesta fue inspirada a partir de un proyecto de investigación desarrollado previamente (CAID: 50520190100038LI) cuyo principal objetivo fue la

evaluación de la prevalencia de riesgo cardiovascular (RCV) y su asociación con el estilo de vida en una muestra aleatoria de pacientes que asistieron a un sanatorio privado de la ciudad de Santa Fe. Resulta pertinente señalar que el autor del presente estudio fue miembro del equipo que llevó adelante dicho estudio. En este sentido, se contó con la autorización para la utilización de una porción de la información recopilada para ser utilizada con fines relacionados estrictamente a docencia e investigación, respetando en todo momento la confidencialidad de los pacientes y la ética investigativa.

A partir de lo anterior, se elaboró una propuesta que buscó respetar la estructura y estilo de escritura característicos de un artículo de divulgación científica. Consecuentemente, el proyecto se estructuró en secciones, que incluyeron: Título, Nómina de Autores, Introducción, Objetivos (general y específicos), Metodología, Resultados, Discusión y Conclusión y Referencias Bibliográficas. A continuación describiremos brevemente el propósito y contenido de cada una de estas secciones teniendo en cuenta las implicancias pedagógicas y su contribución a nuestra propuesta.

*Título:* El título del proyecto fue: “*Factores de riesgo para el desarrollo de Enfermedades Cardiovasculares y Metabólicas*” y fue diseñado para ser conciso, informativo y atractivo para los estudiantes. El mismo debía reflejar claramente la temática central de la propuesta y al mismo tiempo despertar el interés por el estudio del tema abordado.

*Nómina de Autores:* Se estableció que los estudiantes participen de la resolución en equipos de entre tres y cuatro integrantes. Además de la identificación del alumno, esta sección pretende simular la autoría compartida en las publicaciones científicas, reconociendo la contribución de cada miembro del grupo al desarrollo del trabajo. Pedagógicamente fomenta habilidades como la responsabilidad y el trabajo en equipo.

*Introducción:* esta sección fue diseñada para contextualizar la problemática de investigación, presentando la relevancia del tema elegido en el ámbito disciplinar de las tres carreras involucradas en el estudio. Además de intentar motivar a los estudiantes con un tema de actualidad y relevancia clínica, busca establecer la justificación del proyecto y conectar el tema con sus conocimientos previos.

*Objetivos:* en toda actividad investigativa, los objetivos constituyen una de las partes más relevantes del proceso ya que posibilitan una clara delimitación de las metas y alcances del estudio. En el contexto específico del presente trabajo este apartado adquiere un rol preponderante, dado que a partir de ellos se articularán todas las actividades que deberán ser desarrolladas por los estudiantes. Conscientes del nivel de experticia de los participantes, estudiantes en etapas iniciales de su formación e inmersos en el proceso de adquisición de conocimientos metodológicos, se tomó la decisión de definir previamente tanto el objetivo general como los específicos del proyecto. Esta decisión pedagógica se fundamenta en la necesidad de proporcionar un marco de trabajo claro y estructurado que permita guiar a los estudiantes en sus primeras aproximaciones al trabajo con datos.

En línea con lo anterior, el objetivo general del proyecto fue: “*Evaluuar el comportamiento y las relaciones de determinadas variables involucradas en el síndrome metabólico y en el estilo de vida de las personas en una población determinada*”. Luego, a partir del mismo se desprendieron diversos objetivos específicos que agrupamos en cuatro ejes temáticos vinculados a unidades centrales de la asignatura: Estadística descriptiva, Distribución Gaussiana, Estimación y prueba de hipótesis y Análisis de la Varianza. Sin embargo, para los fines y alcances del presente estudio, el análisis se limitará exclusivamente a los objetivos vinculados a Estadística descriptiva y Estimación y Prueba de Hipótesis. Esta

decisión se fundamenta en que consideramos que los mismos son temas centrales que todo estudiante debería comprender y reconocer al transitar un curso introductorio de estadística.

En consecuencia, se definieron tres objetivos específicos para cada uno de los ejes temáticos que analizaremos en nuestro estudio, a saber:

**Parte I: Estadística Descriptiva.**

- Describir la situación del Síndrome Metabólico según el sexo del individuo.
- Describir el comportamiento de la variable presión arterial sistólica en personas con y sin Síndrome Metabólico.
- Describir el estilo de vida de las personas con Síndrome Metabólico.

**Parte II: Estimación y Prueba de Hipótesis.**

- Estimar la proporción de sujetos con estilo de vida saludable.
- Evaluar si la presión sistólica elevada, en promedio, es la misma en sujetos con y sin SM.
- Evaluar si la concentración promedio de triglicéridos es la misma antes y después de los 6 meses de tratamiento.

*Metodología:* esta sección también fue definida previamente por el equipo docente. En la misma se realizó una descripción de las variables involucradas, el método de relevamiento de la información, el tamaño de la muestra, los criterios tenidos en cuenta para la determinación de la presencia de síndrome metabólico en los individuos analizados, el programa estadístico con el cual se realizó el análisis y la significancia estadística establecida para el estudio.

*Resultados:* en este apartado cada equipo de trabajo debería presentar de manera clara y concisa los resultados de sus análisis estadísticos en función de cada objetivo planteado. Para ello podrían utilizar tablas, gráficos o resúmenes numéricos.

*Discusión y Conclusión:* esta sección, al igual que la anterior, está destinada al trabajo de los estudiantes. Aquí se deberán interpretar los resultados obtenidos en el contexto de la problemática de la investigación y teniendo en cuenta los objetivos planteados. Este apartado permitirá a los estudiantes generar un espacio de discusión que fomente la reflexión sobre los hallazgos del estudio.

*Referencias Bibliográficas:* esta sección fue realizada por el equipo docente. En la misma se incluyen las fuentes de información necesarias para la elaboración del proyecto.

Para la resolución de las actividades propuestas previamente, se suministró una base de datos (en formato .x/s) con información de los individuos en terreno. La misma contaba con registros de 120 sujetos sobre los cuales se relevaron quince variables de naturaleza tanto cuantitativa como cualitativa.

En el ANEXO I se muestra la propuesta presentada a los alumnos junto con una sección de la base de datos suministrada.

#### **4.3.2. Implementación del Proyecto en el Aula**

Tal como hemos descrito oportunamente en el Capítulo I y más precisamente en la sección “*Nuestro contexto académico*” nuestro estudio se llevó a cabo sobre estudiantes que cursaron la asignatura “*Estadística*” durante el segundo cuatrimestre del año 2023.

Teniendo en cuenta las recomendaciones de Inzunza Casares (2017), hemos optado por la implementación del proyecto en forma paralela al avance de los contenidos de la asignatura, es decir, el proyecto fue implementado de manera secuencial a lo largo del

cursado y luego de que los alumnos hubieran transitado el desarrollo de la unidad temática correspondiente a los contenidos que debían ser abordados en los objetivos del proyecto.

Este diseño secuencial posee un sustento pedagógico clave: establecer una base de conocimiento básico que involucra tanto los conceptos teóricos como las técnicas prácticas y de manejo de software para que los estudiantes pudieran enfrentar cada objetivo del proyecto.

La presentación del proyecto se realizó durante el primer encuentro con los estudiantes, luego de la presentación de la asignatura, en esa instancia el docente a cargo realizó una detallada exposición del marco del trabajo a realizar. Esta explicación incluyó:

- *Lineamientos generales del proyecto*: descripción del objetivo general y específicos, su alcance y los principales resultados de aprendizaje esperados.
- *Enfoque por objetivos*: forma de abordaje de cada objetivo específico enfatizando su integración con técnicas estadísticas metodológicas y analíticas.
- *Contexto del estudio*: descripción del escenario en el cual se desarrolló el estudio a partir del cual se inspiró el proyecto, destacando su relevancia tanto clínica como disciplinar.
- *Formato de las entregas y cronograma*: información sobre el formato requerido para cada una de las entregas, detallando fechas límite para las mismas y plazos para la retroalimentación.
- *Horarios de consulta*: información sobre los horarios de consulta con el equipo docente, establecidos exclusivamente para asistir al estudiante durante el desarrollo de las actividades del proyecto.
- *Criterios de evaluación*: se informó sobre los criterios que se tendrían en cuenta al momento de realizar las correcciones, la forma de calificación y los plazos con los que contaba el equipo docente para informar los resultados.

Además, en esta instancia se invitó a los estudiantes a conformar equipos de trabajo que deberían tener entre 3 y 4 integrantes cada uno. También se indicó que en el espacio virtual de la asignatura ya contaban con el diseño “preliminar” del trabajo. El término “preliminar” indica que si bien el documento proporcionaba una plantilla estructural integral, que incluía todas las secciones predefinidas por el equipo docente, las secciones Resultados y Discusión y Conclusiones se dejaron intencionalmente abiertas para que puedan ser completadas con el análisis pertinente de cada grupo de estudiantes.

Es así que, según el cronograma propuesto para la asignatura, las dos primeras semanas de cursado estuvieron destinadas al desarrollo de la primera unidad temática de la asignatura: *Estadística Descriptiva*. Finalizado este período, los estudiantes contaron con un margen de tiempo de dos semanas para resolver los primeros tres objetivos. Esta etapa culminó con la primera entrega del proyecto.

Las entregas restantes contemplaron un esquema análogo al anterior. Cada etapa involucró un período de ejecución previamente definido, envío de las producciones y finalmente, una retroalimentación que involucró una revisión, corrección y orientación de parte del equipo docente a cada grupo de estudiantes.

#### 4.3.2.1. Modalidad de las entregas

Cada una de las entregas se realizó en un espacio disponible para tal fin en el aula virtual de la asignatura. En este sentido, se les solicitó previamente a los estudiantes que designaran a un integrante del equipo quién sería el responsable de realizar el envío de cada una de las resoluciones, el nombre y apellido del alumno responsable debía ser informado al docente a cargo de la clase de trabajos prácticos. A partir de esta información se estableció un registro de cada alumno responsable y del resto de los integrantes de cada grupo de trabajo.

#### 4.3.3. Población, muestra y unidad de análisis

En la presente investigación, participaron un total de 214 estudiantes. De este grupo, 56 pertenecían a la carrera de Licenciatura en Biotecnología (LB), 70 a Bioquímica (B) y 88 a Licenciatura en Nutrición (LN). Como resultado de esto, se conformaron 46 equipos de trabajo para las carreras de LB y B, y 27 para la carrera de LN.

Dado el cúmulo de información que representan los 83 grupos de estudiantes que componen nuestra población de estudio se decidió implementar un diseño de muestreo probabilístico. Específicamente, se optó por un muestreo estratificado, considerando la existencia de dos subpoblaciones diferenciadas según la carrera de origen de los equipos.

##### 4.3.3.1. Población

La población objetivo de esta investigación estuvo constituida por los 73 grupos conformados por estudiantes de las tres carreras analizadas. Para garantizar la representatividad y posibilitar el análisis comparativo entre grupos, se estratificó la población en dos subpoblaciones, definidas según la carrera de origen, es decir:

*Estrato 1:* Equipos pertenecientes a las carreras LB y B. Tamaño del estrato ( $N_1$ )=46 equipos. La decisión de conformar un único estrato para las dos carreras se fundamenta en el hecho de que las mismas comparten el cursado de la asignatura y los alumnos suelen agruparse de manera indistinta a la carrera que cursan.

*Estrato 2:* Equipos pertenecientes a LN. Tamaño del estrato ( $N_2$ )=27 equipos

##### 4.3.3.2. Determinación del tamaño muestral

Siguiendo las recomendaciones de Hernández Sampieri et al. (2014), se empleó un diseño de muestreo probabilístico estratificado.

Para determinar el tamaño muestral necesario en cada estrato, se utilizó la fórmula de Cochran (1997) para poblaciones finitas, ajustada para cada subpoblación:

$$n = \frac{N Z^2 p q}{e^2 (N - 1) + Z^2 p q}$$

donde:

- n: Tamaño de la muestra necesaria para cada estrato.
- N: Tamaño de la población en cada estrato (46 para LB/B; 27 para LN).
- Z: Nivel de confianza del 95% (1,96)
- p: Proporción esperada del atributo que se pretende observar, en ausencia de información previa se estableció un valor conservador ( $p=0,50$ ) que maximiza el tamaño muestral.
- q:  $1 - p = 0,50$

- e: Margen de error muestral deseado. Se utilizará un margen de error del 10% ( $e = 0,10$ ), valor comúnmente aceptado en investigaciones en ciencias sociales.

Luego de realizar los cálculos pertinentes los tamaños muestrales para cada estrato quedaron conformados por : 31 grupos para el Estrato 1 y 20 grupos para el Estrato 2.

Para la selección de las unidades muestrales dentro de cada estrato, se siguió un procedimiento de muestreo aleatorio simple. Para ello, inicialmente se asignó un número único a cada grupo dentro de cada estrato y utilizando la función *sample* en R se generaron la cantidad de números aleatorios correspondientes a los tamaños muestrales de cada estrato.

#### 4.3.3.3. Unidad de análisis

Si bien cada equipo de trabajo está integrado por estudiantes, el foco de la investigación consistió en comprender los fenómenos a nivel grupal. Es por esto que las prácticas argumentativas, entendidas como las actividades que los sujetos de estudio desarrollan al momento de abordar cada objetivo del proyecto y producidas por cada grupo de estudiantes, será considerada como una unidad fundamental de observación y análisis.

#### 4.3.3.4. Técnicas de análisis de datos

Siguiendo a Hernández Sampieri et al (2014), el método de recolección de información, basado en el análisis de documentos producidos por los sujetos de estudio, se concibe como una metodología intrínsecamente cualitativa. Esta naturaleza cualitativa se sustenta en que el enfoque analítico implica un examen e interpretación sistemática de las producciones documentales creadas directamente por los participantes de la investigación. La relevancia primordial de esta metodología reside en su capacidad para acceder a los significados, perspectivas y experiencias de los sujetos a través de sus propias creaciones, facilitando así una comprensión profunda y contextualizada del fenómeno estudiado.

Para el procesamiento de la información recabada en el presente estudio, se empleó un *Análisis de Contenido* siguiendo los lineamientos metodológicos propuestos por Ballester Brage et al. (2022). Este enfoque, reconocido por su flexibilidad metodológica, admite tanto abordajes cualitativos como cuantitativos y lo hemos implementado en dos fases.

En una primera fase, se realizó un análisis cualitativo de las respuestas de los estudiantes a cada objetivo planteado en el proyecto. Este análisis se centró en la delimitación y clasificación sistemática del contenido, identificando los elementos de conocimiento y de razonamiento que hemos descrito y relacionado en el marco teórico de esta investigación.

Una segunda fase, contempló el análisis con elementos cuantitativos, orientado a la identificación de frecuencias, categorías y patrones recurrentes en los datos. Este análisis, permitió complementar la interpretación cualitativa, identificando tendencias generales y facilitando la comparación entre las subpoblaciones estudiadas. Para analizar las trayectorias formativas de los estudiantes en relación con las tres dimensiones consideradas (AE, RII y RIF) se implementó un análisis de varianza (ANOVA) mixto de medidas repetidas con un diseño 2x3 para lo cual se utilizó una significancia del 5%.

Esta integración metodológica nos posibilitó resumir, interpretar y generalizar cada respuesta en pos de dar respuesta a los objetivos que nos hemos planteado en el presente estudio.

Para el análisis de la información relevada y de los objetivos propuestos en el proyecto se utilizó el programa RStudio. Para las pruebas inferenciales se utilizó una significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.4. Conclusiones del Capítulo IV

En este capítulo hemos compartido la estructura metodológica que sustenta esta investigación. La adopción de un diseño mixto secuencial explicativo, de carácter longitudinal y enmarcado en el enfoque de la investigación-acción, responde a la necesidad de abordar la complejidad del fenómeno estudiado desde una perspectiva multidimensional. Este enfoque nos permitió integrar un análisis cualitativo, orientado a explorar los procesos cognitivos y disposicionales de los estudiantes, con la generalización de los hallazgos cuantitativos, enfocados en evaluar el impacto de la propuesta pedagógica en el desarrollo de habilidades estadísticas.

La propuesta pedagógica aquí presentada, nos posibilitó no solo emular una práctica científica, sino también fomentar habilidades transversales como el trabajo colaborativo, el razonamiento crítico y la comunicación de los resultados. Su implementación paralela al desarrollo curricular aseguró una integración coherente entre los contenidos teóricos y su aplicación práctica.

La selección de una muestra estratificada, junto con el uso de técnicas de análisis de contenido en dos fases (cuantitativa y cualitativa) nos permitió capturar tanto la riqueza argumentativa de las producciones grupales como el análisis comparativo entre carreras.

Finalmente, este capítulo constituye una hoja de ruta empírica que posibilitó una articulación coherente entre nuestro contexto académico, los objetivos de investigación, el marco teórico y las técnicas de relevamiento y análisis.

## Capítulo V

### *Análisis de los elementos de conocimiento y razonamiento presentes en los objetivos del proyecto*

---

#### 5.1. Introducción

Dedicaremos este capítulo a la descripción de cada objetivo de la propuesta pedagógica que pretendemos analizar en esta investigación. Para ello, realizaremos un análisis de cada objetivo del proyecto y junto a ella elaboraremos una resolución que consideraremos “óptima” teniendo en cuenta el contexto del problema bajo análisis. Paralelamente, nos enfocaremos en delimitar en cada una de estas instancias los elementos de conocimiento y razonamiento que se encuentran asociados a cada una de las actividades planteadas.

Finalmente, integraremos dicho análisis para la construcción de una base de datos que nos permita centralizar y organizar la información obtenida de cada grupo de manera sistemática.

#### 5.2. Integración de los objetivos del proyecto con los del presente estudio

Tal como hemos descrito en el capítulo anterior y teniendo en cuenta los objetivos planteados para la presente investigación se implementó un diseño pedagógico basado en la metodología de enseñanza por proyectos. Esta estrategia comprende una serie de objetivos que debían ser abordados por los estudiantes con el propósito de dar respuesta a ciertas interrogantes que en ellos se planteaban. En este punto es importante remarcar que dicho proyecto estuvo dividido en cuatro fases y que cada una de estas fases implicó el abordaje de un tema en particular de la asignatura, sin embargo, para el alcance y los propósitos establecidos para la presente investigación sólo consideraremos el análisis de dos de ellas, tal cual las hemos descrito en la sección “*Estructura y Diseño del Proyecto*” del capítulo anterior.

Es así que, a partir de las resoluciones de cada objetivo planteado en la propuesta será posible la delimitación tanto de los elementos de conocimiento y de razonamiento, como de sus interacciones. De esta manera en cada una de las actividades a desarrollar por los estudiantes se espera que los mismos sean capaces de:

- Identificar las variables asociadas al problema a resolver y elegir una forma adecuada de representación que les permita conjeturar y tomar decisiones realizando comparaciones a partir de información muestral.
- Determinar qué medida de tendencia central resulta más adecuada para analizar y comparar distribuciones.
- Formar una opinión y presentar argumentos que permitan respaldar una conclusión basada en la información suministrada.
- Plantear las hipótesis que le permitan dar respuesta a una interrogante en particular.
- Diferenciar y seleccionar la técnica inferencial adecuada para responder a una pregunta de investigación y comprobar si dicha técnica es susceptible de ser aplicada en función de los datos disponibles.

- Plantearse interrogantes acerca del origen de los datos y del tipo de muestreo que dieron origen a los mismos.

Teniendo en cuenta los objetivos de investigación planteados, se organizaron las actividades del proyecto de manera que posibiliten un reconocimiento secuencial de los elementos de conocimiento y razonamiento estadístico vinculados a cada uno de los objetivos de la propuesta.

En la tabla 5.1 se muestra una síntesis de la integración de los objetivos de la investigación con cada parte de la propuesta.

**Tabla 5.1**

*Integración entre los objetivos de la investigación y los involucrados en el diseño de la propuesta.*

| Objetivos  |  |  |
|--|--|--|
| De Investigación   |  | Del proyecto   |
| General  | Específicos  |  |
| Evaluar una propuesta de enseñanza basada en proyectos por medio del análisis de los elementos cognitivos y disposicionales que intervienen en el Razonamiento Estadístico que evidencian los estudiantes de las carreras LB, B y LN de la FBCB-UNL. | Diseñar y evaluar una propuesta de enseñanza basada en proyectos, diseñada de manera específica para esta investigación, que posibilite caracterizar los elementos de AE, RII y RIF, que a priori se espera que surjan de su implementación. | Proporcionar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje práctico y contextualizado que simule el proceso de investigación estadística aplicado a la resolución de un problema real.  |
|  | Identificar los elementos de la Alfabetización Estadística que los estudiantes evidencian al momento de enfrentarse a las resoluciones de las actividades propuestas en el diseño del proyecto.  | Identificar y describir los elementos de conocimiento y disposicionales de alfabetización estadística que los estudiantes evidencian al momento de resolver cada objetivo de la propuesta. Asociado principalmente a la Parte I de la propuesta. |
|  | Describir y analizar los elementos del Razonamiento Inferencial Informal y sus interrelaciones con elementos de la Alfabetización Estadística que emplean los estudiantes al momento de resolver actividades                                 | Identificar y describir los elementos del razonamiento informal que los estudiantes utilizan al momento de plantear conjeturas o tomar decisiones en función de la información suministrada. Asociado a la Parte I de la propuesta               |
|  |  | Identificar las relaciones entre los elementos de conocimiento y disposicionales de la   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | relacionadas al análisis exploratorio.   | Alfabetización estadística con los elementos de RII y los moderadores del mismo.   |
|  | Caracterizar los elementos del Razonamiento Inferencial Formal que los estudiantes evidencian al momento de desarrollar actividades de inferencia estadística. | Identificar y caracterizar los elementos de RIF que los estudiantes evidencian al momento de desarrollar los análisis inferenciales involucrados en cada objetivo. Asociado a la Parte II del proyecto.                            |
|  | Evaluar y comparar los niveles de Alfabetización Estadística alcanzados entre los estudiantes de las carreras analizadas.                                      | A partir de la información recabada en los análisis previos, establecer puntuaciones que permitan establecer una escala cuantitativa con la cual realizar comparaciones entre carreras para analizar los niveles de AE alcanzados. |

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos delimitar, en forma preliminar, los elementos de conocimiento y razonamiento que podrían ponerse en juego al momento de resolver cada objetivo específico del proyecto, en la tabla 5.2 se muestra un resumen de los mismos junto al descriptor de la habilidad esperada:

**Tabla 5.2**

*Resumen de los elementos de conocimiento y razonamiento que se esperan identificar en la resolución de cada objetivo específico del proyecto.*

| Componentes de Conocimiento |                                |   |
|-----------------------------|--------------------------------|---|
| Cód.                        | Elemento                       | Descriptor  |
| C1                          | Habilidades de alfabetización  | Puede leer, analizar e interpretar información Estadística.<br>Reconoce e interpreta gráficos, tablas y resúmenes numéricos.<br>Entendimiento del contexto del problema.<br>Elaboración de nueva información que no está explícita en los datos.  |
| C2                          | Conocimiento Estadístico       | Conocimiento de conceptos probabilísticos y estadísticos.<br>Identifica las variables de estudio y las representa de manera adecuada.<br>Elabora conjetas o hipótesis en función del comportamiento de la distribución de una o más variables (razonamiento inferencial).<br>Identificación de las medidas estadísticas asociadas a los gráficos e interpreta en el contexto. |
| C3                          | Conocimiento matemático básico | Calcula e integra al análisis medidas de variabilidad y tendencia central.  |

|        |  |  |
|--------|--|--|
| C4     | Conocimiento del contexto                | Identifica y comprende una asociación entre dos variables y su significado en el estudio.<br>Manifiesta interpretaciones alternativas. |
| C5     | Habilidades críticas                     | Identificación de un posible sesgo en la muestra.<br>Cuestionamientos sobre el origen de los datos.                                    |
| D1 /D2 | Postura crítica<br>Creencias y actitudes | Pueden evidenciarse asociados a los elementos de conocimiento.   |

#### Componentes de RII y RIF

|     |                          |  |
|-----|--------------------------|--|
| R1  | Generación de Hipótesis  | Se manifiestan expresiones relacionadas a las posibles diferencias o similitudes entre grupos.<br>Elaboración de conclusiones que van más allá de los datos (generalizaciones).                              |
| R2  | Resumen                  | Capacidad para utilizar las medidas resumen de dos diagramas de caja para realizar comparaciones entre los grupos.   |
| R3  | Señal                    | Analiza el solapamiento o no de dos o más conjuntos de datos para realizar comparaciones sobre similitudes o diferencias de los mismos   |
| R4  | Ruido                    | Establece comparaciones entre valores de medidas de variabilidad. Analiza la longitud de las cajas o los bigotes dentro de cada diagrama   |
| R5  | Muestreo                 | Capacidad para reconocer que se utiliza una muestra para inferir sobre una población, que hay variabilidad entre muestras, y que el tamaño y la selección de la muestra afectan la calidad de la inferencia. |
| R6  | Fundamentación           | Identificación de los hallazgos en el contexto del problema estudiado. Capacidad para analizar diferencias o similitudes en la población analizada y posibles causas de las mismas                           |
| R7  | Casos particulares       | Capacidad para identificar y analizar valores atípicos o casos individuales dentro del conjunto de datos.  |
| M1  | Evaluación               | Reconocimiento de diferencias o similitudes entre grupos y uso de calificativos para describir las mismas.   |
| M2  | Referencia               | Identifica y se refiere correctamente a las etiquetas de las variables y medidas estadísticas que se están comparando en cada grupo  |
| RF1 | Identificación           | Reconocimiento de la prueba paramétrica adecuada en función de los datos disponibles. Capacidad para reconocer la hipótesis nula del problema.   |
| RF2 | Lenguaje y Restricciones | Capacidad para escribir de manera coloquial o simbólica las hipótesis estadísticas que intenta probar. Asocia la   |

|     |                    |  |
|-----|--------------------|--|
|     |                    | significancia como indicador de la posibilidad de presencia de efecto  |
| RF3 | Toma de Decisiones | Capacidad para plantear las hipótesis estadísticas en lenguaje simbólico. Utiliza el valor $p$ como criterio de rechazo de la hipótesis nula. Manifiesta conocimiento del algoritmo al realizar gráficos donde delimita las regiones de rechazo y no rechazo de la hipótesis nula. Concluye de manera efectiva en función del problema en su contexto. |

---

El cuadro anterior nos permite concluir que a partir de la identificación de cada uno de los elementos mencionados hemos logrado integrar y consolidar en el diseño de nuestra estrategia las cuatro ideas que se consideran pilares fundamentales para que la alfabetización estadística tenga lugar: Datos, Variación, Muestreo e Inferencia y Pensamiento Estadístico.

## 5.3. Análisis previo de los objetivos del proyecto

En esta sección presentaremos un análisis de cada uno de los objetivos de la propuesta. Para ello, en primer lugar mostraremos el objetivo a desarrollar por los estudiantes, luego los contenidos que se espera que estén presentes en la resolución de los mismos y finalmente presentaremos una discusión y conclusión de los resultados obtenidos que proponemos como “óptima”. La consideramos óptima en el sentido que, si los estudiantes son capaces de realizar un análisis similar, la misma podría servir como evidencia para identificar los razonamientos utilizados por los estudiantes y las relaciones que establecen entre los mismos.

### 5.3.1. Objetivo 1 / Parte I

Luego de la sección introductoria, en la que se presenta el contexto del estudio se introduce el primer objetivo a abordar:

*“Describir la situación del Síndrome Metabólico según el sexo del individuo”.*

El diseño del proyecto guía al estudiante a través de un proceso iterativo de indagación estadística para responder a una pregunta central. Este proceso se inicia con la comprensión del problema y su contexto, facilitada por la sección introductoria. Luego, en un segundo momento, el estudiante deberá identificar, en la base de datos provista, las variables pertinentes para el análisis. Esta comprensión inicial y selección de variables dan lugar a la siguiente etapa: formulación de conjeturas sobre las formas de representación de datos más efectivas, por ejemplo, gráficos univariados, bivariados, tablas. Estas representaciones podrán llevarse a cabo mediante el uso de software estadístico. Finalmente, la interpretación crítica de las representaciones gráficas y resúmenes numéricos generados previamente le permitirá realizar comparaciones, formular hipótesis y elaborar las conclusiones que den respuesta al interrogante planteado.

En línea con lo anterior, proponemos la siguiente secuencia de resolución del objetivo planteado:

#### 5.3.1.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis:

- *Sexo del paciente*: variable cualitativa dicotómica - Categorías: Hombre / Mujer

- Presencia de síndrome metabólico (SM): variable cualitativa dicotómica - Categorías: si / no

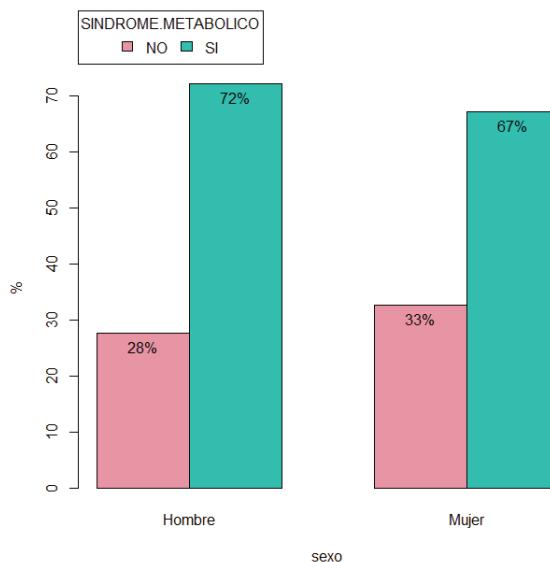
### 5.3.1.2. Resultados y discusión:

*Representaciones:* consideramos que una solución óptima debería contar con al menos una de las siguientes representaciones:

- a) Gráfico de barras bivariado: en la figura 5.1 se muestra la distribución (en %) del SM según el sexo del individuo.

**Figura 5.1**

*Distribución del síndrome metabólico según el sexo del individuo*



- b) Tabla de contingencia: en la siguiente tabla se resume la distribución del SM según el sexo del sujeto. Los resultados se muestran en porcentaje.

**Tabla 5.3**

*Tabla de contingencia entre la presencia de síndrome metabólico según el sexo del individuo. Valores expresados en %.*

|      |    | Presencia de SM |      |
|------|----|-----------------|------|
|      |    | no              | si   |
| sexo | no | 27,7            | 72,3 |
|      | si | 32,7            | 67,3 |

Nota. SM: Síndrome metabólico

A partir del análisis de los datos se determinó que, sobre un total de 120 individuos considerados, el 45,8% (55) fueron mujeres. La figura 5.1, muestra la prevalencia del SM según el sexo del paciente. Del mismo se puede observar una elevada proporción de SM en ambos sexos. En este sentido, el 72% de los hombres presentaron esta condición la cual, a su vez, fue ligeramente superior al que presentó el grupo de las mujeres, 67%. Respecto a los que no presentaron SM, las frecuencias fueron 33% para las mujeres y 28% para los hombres.

Por otro lado, también se observa una pequeña diferencia (5%) en las proporciones de SM según el sexo del individuo. Paralelamente, el porcentaje de mujeres sin SM (33%) es ligeramente superior al de los hombres (28%).

Estas diferencias observadas podrían atribuirse a distintos factores, entre ellos, biológicos, estilo de vida, conductuales, socioeconómicos y ambientales, entre otros. Sin embargo, para determinar si esas diferencias son estadísticamente significativas se debería recurrir a un análisis inferencial.

Por otro lado, dado que la aleatoriedad de la muestra se encuentra garantizada por el diseño del estudio, resulta importante a destacar aspectos relacionados al tamaño de la misma, dado que, al no contar con información sobre el tamaño de la población analizada, debemos asumir que los 120 individuos se consideran una muestra representativa de dicha población.

### 5.3.1.3. Conclusión

De lo observado se destaca una elevada proporción de individuos con SM, tanto en hombres como en mujeres, con una prevalencia levemente superior en el grupo de los hombres. Estos resultados estarían indicando que, en general, el SM es más prevalente en hombres que en mujeres. Este hallazgo destaca la importancia de la implementación de estrategias de salud pública destinadas a la mejora de factores relacionados con el estilo de vida de las personas. Estas estrategias deberían estar dirigidas tanto a hombres como a mujeres y especialmente en nuestro caso, a individuos entre 40 y 60 años de edad.

Estos resultados, aunque a nivel exploratorio, deberían sentar las bases para el desarrollo de estudios más profundos que permitan ampliar estas conclusiones.

### 5.3.2. Objetivo 2 / Parte I

Continuando con el análisis, el segundo objetivo propuesto fue:

*“Describir el comportamiento de la variable: presión arterial sistólica en personas con y sin Síndrome Metabólico”.*

En esta instancia del trabajo, se asume que los estudiantes ya comprenden la problemática de estudio, que conocen la información relevante para el mismo y que presentan cierta solvencia en el uso del programa estadístico necesario para el análisis.

Para alcanzar este objetivo, se espera que los estudiantes reconozcan las variables interviniéntes en el análisis y las clasifiquen correctamente. Dicha identificación les permitirá elegir la forma de representación más apropiada para visualizar los datos y la información que contienen. Además, se busca que los estudiantes sean capaces de comparar las distribuciones de la presión arterial sistólica según los grupos de individuos con y sin síndrome metabólico, detectar valores atípicos, evaluar si existe solapamiento entre los grupos, describir la distribución de los datos y reconocer su forma.

A partir del análisis de esta información, se espera también que los estudiantes puedan interpretar los resultados y su implicancia en el contexto del estudio para elaborar conclusiones sobre el comportamiento de la presión arterial sistólica en sujetos que presentaron o no síndrome metabólico.

De lo anterior, consideramos que un abordaje bien estructurado debería contar con los siguientes elementos:

### 5.3.2.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis:

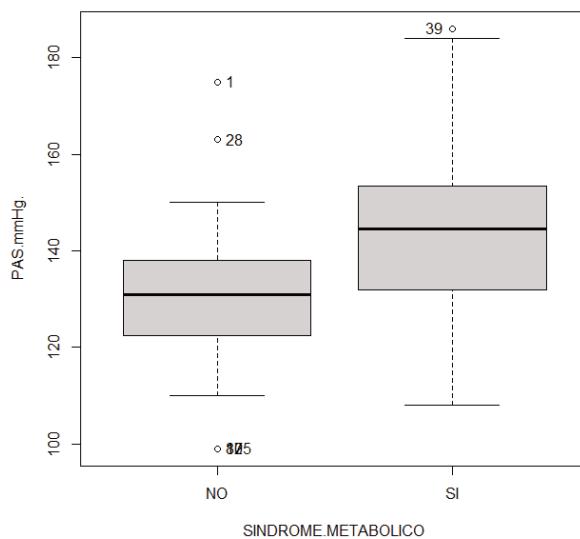
- Presión arterial sistólica en mmHg (PAS): variable cuantitativa continua.
- Presencia de síndrome metabólico (SM): variable cualitativa dicotómica - Categorías: sí / no.

### 5.3.2.2. Resultados y Discusión

a) Representación gráfica: gráfico de caja (box plot) de la variable PAS (mmHg) en función del SM

**Figura 5.2**

Distribución de la presión arterial sistólica en pacientes con y sin síndrome metabólico.



b) Resumen numérico de la variable PAS y PAS segmentada por SM.

**Tabla 5.4**

Medidas resumen de la presión arterial sistólica sobre el total de los individuos y según el síndrome metabólico.

| Medida         | Presión Arterial Sistólica (mmHg) |                     |       |
|----------------|-----------------------------------|---------------------|-------|
|                | Total                             | Síndrome Metabólico |       |
|                |                                   | sí                  | no    |
| n              | 120                               | 84                  | 36    |
| Media          | 141,8                             | 146,9               | 129,9 |
| Desv. Est.     | 18,3                              | 16,9                | 15,6  |
| RIQ            | 19,0                              | 20,7                | 13,25 |
| Q1             | 131,0                             | 132,0               | 123,7 |
| Q2             | 140,0                             | 144,5               | 131,0 |
| Q3             | 150,0                             | 152,7               | 137,0 |
| Coef. Var. (%) | 12,9                              | 11,5                | 12,0  |

El análisis de los datos proporcionados sobre la PAS en individuos con y sin SM, muestra que mientras las personas con SM tuvieron una PAS comprendida entre 108 y 186 mmHg, los sujetos sin SM mostraron una PAS comprendida entre 99 y 175 mmHg. En ambos grupos de individuos se observan valores atípicos, por ejemplo, para el caso de sujetos con SM, se observa un único valor que registró una PAS de 186 mmHg, mientras que para los individuos sin SM, se registraron cuatro, cuyos valores de PAS fueron de 99 (dos), 165 y 175 mmHg.

El 50% de los sujetos con SM mostraron una presión máxima de 144,5 mmHg, mientras que, en el otro grupo, la PAS máxima del el 50% de los sujetos fue de 131,0 mmHg. Por otro lado, se puede observar que la distribución de la PAS parecería ser más homogénea en el grupo de sujetos sin SM, ya que el 50% (central) presentó valores de presión comprendidos entre 123,7 y 137,0 mmHg, mientras que en el mismo estrato, pero en sujetos sin SM presentó valores comprendidos entre 132 y 152,7 mmHg. En cuanto a los valores de PAS que mostraron los sujetos con mayores valores de la misma, podemos decir que el 75% de las personas sin SM tuvo como mínimo un valor de un valor de 123,7 mmHg, mientras que para los sujetos con SM dicho valor fue de 132 mmHg.

En cuanto a la forma de la distribución, podemos observar una leve asimetría hacia la izquierda en el grupo de personas con SM, mientras que este mismo efecto no se observó en el otro grupo. Respecto al solapamiento entre grupos podemos decir que si bien ambas distribuciones muestran una clara diferencia en sus tendencias centrales (media y mediana), se observa cierta superposición entre los grupos, esto es, la parte superior de la caja del grupo sin SM se solapa levemente con la parte inferior de la caja del otro grupo.

### 5.3.2.3. Conclusión

A partir del análisis exploratorio, podemos mencionar que existe una notable diferencia en la distribución de las presiones en ambos grupos. Estos resultados podrían sugerir que, en general, las personas con SM parecerían presentar valores medios más elevados de PAS que las personas sin SM. Estos resultados podrían ser explicados si se tienen en cuenta otros factores que determinan el diagnóstico del SM y, que a su vez, también están asociados a la PAS elevada como ser: no realización de actividad física y tabaquismo. Sin embargo, no podemos asegurar que estas diferencias sean estadísticamente significativas sin las pruebas inferenciales adecuadas.

El escaso grado de solapamiento entre los grupos y las diferencias en sus medidas de tendencia central podrían sugerir una marcada asociación entre el SM y la PAS elevada. Esta hipótesis podría verse fortalecida por la evidencia clínica, la cual enmarca al SM como un conjunto de condiciones que contribuyen al riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, las cuales incluyen el aumento de la presión arterial sistólica.

En este contexto, estas posibles diferencias entre las PAS de cada grupo podrían verse expresadas con mayor claridad al considerar una muestra de mayor tamaño al utilizado para el presente estudio.

Finalmente, resulta importante observar que un elevado porcentaje de los sujetos analizados ( $>50\%$  y  $>75\%$  para sin y con SM respectivamente) presentaron valores de PAS por encima del valor considerado normal para la misma ( $>130$  mmHg). Estos resultados reflejan la importancia del control y tratamiento de la presión arterial elevada como una medida preventiva para el desarrollo de patologías y eventos cardiovasculares.

### 5.3.3. Objetivo 3 / Parte I

Para finalizar la primera parte del proyecto, centrada en el análisis exploratorio, se introdujo un tercer objetivo:

*“Describir el estilo de vida de las personas con Síndrome Metabólico”.*

En esta etapa del trabajo, se propone realizar un análisis univariado del estilo de vida de personas con síndrome metabólico. Sin embargo, la concreción de este objetivo presentaba un desafío previo.

En primer lugar, la variable “*Estilo de Vida*” no se encontraba definida en la base de datos provista. Por consiguiente, era necesario definirla a partir de los valores observados de cuatro variables auxiliares: *Consumo adecuado de frutas y verduras*, *Actividad física adecuada*, *Consumo de alcohol* y *Tabaquismo*. De esta manera, se establece el estilo de vida de un paciente como “*Poco Saludable*”, si presentaba tres o más de los siguientes hábitos considerados no saludables: consumo inadecuado de frutas y verduras, falta de actividad física, consumo de alcohol y tabaquismo.

En segundo lugar, una vez construida la variable, el análisis debía limitarse solo a los sujetos con síndrome metabólico, lo que implicaba aplicar un filtro.

De la concreción de este objetivo se espera que los estudiantes logren, identificar las variables de estudio y representarlas de manera adecuada, consoliden las habilidades en el manejo del programa estadístico y la gestión de la base de datos, comprendan la relación de las variables y su significado en el contexto del estudio y puedan formular conjeturas sobre posibles sesgos muestrales.

Por otro lado, de este objetivo también se espera que, en base a los resultados obtenidos, puedan formular una justificación de lo observado en función de que:

- a) Identifiquen la capacidad de un individuo para llevar un estilo de vida saludable con el riesgo a desarrollar síndrome metabólico.
- b) Establezcan generalizaciones que vayan más allá de los datos, estableciendo posibles causas y explicaciones alternativas frente a la presencia de resultados aparentemente contradictorios.
- c) Puedan inferir sobre las ventajas asociadas al desarrollo de buenas prácticas relacionadas con el estilo de vida de las personas para la muestra analizada, la población asociada a la misma y para la población en general.

Proponemos a continuación, los elementos mínimos que deberían considerarse en la sección resultados y conclusiones para el presente objetivo.

#### 5.3.3.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis

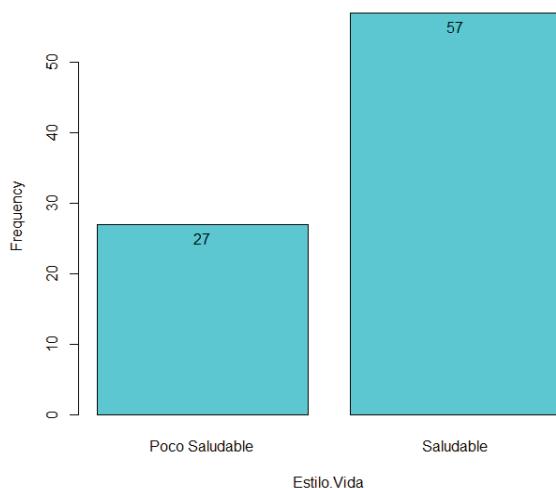
- *Consumo adecuado de frutas y verduras*: variable cualitativa dicotómica - Categorías: si / no.
- *Actividad física adecuada*: variable cualitativa dicotómica - Categorías: si / no.
- *Consumo alcohol*: variable cualitativa dicotómica - Categorías: si / no.
- *Fuma*: variable cualitativa dicotómica - Categorías: si / no.
- *Estilo de vida*: variable cualitativa dicotómica - Categorías: saludable / poco saludable.
- *Presencia de síndrome metabólico (SM)*: variable cualitativa dicotómica - Categorías: si / no

### 5.3.3.2. Resultados y Discusión

a) *Representación gráfica:* gráfico de barras univariado del estilo de vida de las personas considerando solo a los individuos con SM.

**Figura 5.3**

*Distribución del estilo de vida en pacientes con síndrome metabólico*



b) Los resultados para este análisis también podrían estar representados, alternativamente, por la siguiente tabla de contingencia:

**Tabla 5.5**

*Distribución del síndrome metabólico según el estilo de vida*

| Estilo de vida | Presencia de SM |    |
|----------------|-----------------|----|
|                | si              | no |
| Saludable      | 57              | 25 |
| Poco saludable | 27              | 11 |

Nota. SM: Síndrome metabólico

A partir de la información analizada en la muestra, podemos decir, que sobre el total de sujetos que participaron del estudio el 70% (84) presentó SM. De este grupo, 57 (68%) individuos tenían un estilo de vida saludable, mientras que 27 (32%) fueron categorizados con un estilo de vida poco saludable.

### 5.3.3.3. Conclusión

De lo anterior podemos decir que, según la clasificación operativa del estilo de vida del presente estudio, la mayoría de los pacientes con SM presentó un estilo de vida saludable, lo cual podría evidenciar una posible asociación entre el estilo de vida de un individuo y la presencia de SM. Sin embargo, estas conjeturas deberían sustentarse por medio de análisis inferenciales adecuados.

Por otro lado, estos resultados, aparentemente contraintuitivos, podrían explicarse considerando diferentes aspectos, asociados fundamentalmente al enfoque metodológico del estudio. A continuación se detallan algunas posibles razones:

- Limitaciones de la variable “*Estilo de Vida*” esta variable es el resultado de un constructo definido a partir de un criterio previo, el cual consideró solamente cuatro variables relacionadas con el estilo de vida de las personas. Si bien estas variables (actividad física, consumo de frutas y verduras, alcohol y tabaco) son importantes, podrían no ser exhaustivas, ya que el estilo de vida de un individuo es un concepto muy complejo de evaluar. Por lo tanto, podrían existir aspectos importantes relacionados al mismo que no fueron contemplados en el estudio y que podrían influir en el diagnóstico de SM, entre ellos, los patrones de sueño y el nivel de estrés. Por otro lado, la consideración de sólo dos categorías para esta variable puede limitar la profundidad de la medición de la misma. Esto podría subsanarse, incorporando, por ejemplo, frecuencias de consumos semanales de los grupos de alimentos considerados y un análisis más exhaustivo de la realización de actividad física de los participantes.
- Debe considerarse un posible sesgo de muestreo, el cual pudo haber favorecido la inclusión de individuos con estilos de vida más saludables. Esta hipótesis cobra importancia dado que la participación en el estudio fue voluntaria. Por lo tanto, es posible pensar que individuos que ya se perciben como saludables y comprometidos con su bienestar hayan estado más propensos a participar, resultando en una sobrerepresentación de personas con hábitos saludables en la muestra.

Estos dos aspectos mencionados como posibles inconvenientes metodológicos podrían verse minimizados considerando, por un lado, otros factores relacionados al estilo de vida que no fueron incluidos en la definición de la variable “*Estilo de vida*” y por el otro, considerando ampliar el tamaño de la muestra analizada o considerar la posibilidad de ampliar el estudio incluyendo centros de salud relacionados al sistema público.

### 5.3.4. Objetivo 1 / Parte II

Los objetivos correspondientes a la fase de análisis inferencial se centraron en dos componentes:

- Promover el desarrollo de competencias argumentativas y toma de decisiones fundamentadas.
- Promover la consolidación de los análisis previos con el propósito de validar o refutar las conclusiones realizadas en la etapa exploratoria.

En el marco del presente estudio, esta serie de objetivos nos permitirá delimitar los distintos tipos de razonamiento formal que los estudiantes evidencian al momento de resolver tareas de inferencia.

En línea con lo anterior, el primer objetivo propuesto fue:

*“Estimar la proporción de sujetos con estilo de vida saludable con y sin síndrome metabólico”.*

Este objetivo se diseñó con el propósito de introducir al estudiante al análisis inferencial. Por medio de una consigna precisa y de resolución directa, se busca que el alumno realice una estimación de la proporción poblacional de individuos con estilo de vida saludable pero teniendo en cuenta si el sujeto presenta o no SM.

No obstante, esta actividad también tenía un propósito secundario: indagar sobre la asimilación de las conjeturas planteadas en el objetivo anterior. En este sentido, se esperaba observar si los estudiantes utilizaban argumentos estadísticos sólidos para reforzar esas conjeturas, o si este nuevo objetivo desencadenaba razonamientos,

posiblemente no asociados al tercer objetivo de la primera parte del proyecto. Por lo tanto, para el abordaje de la presente propuesta esperamos que ocurra al menos una de las siguientes situaciones:

- Los estudiantes se centran exclusivamente en dar respuesta al objetivo propuesto. Esto implica que se limitan al cálculo de las estimaciones solicitadas y restringen sus conclusiones directamente a los resultados obtenidos. Esta aproximación podría involucrar tanto la utilización de elementos descriptivos/comparativos diferentes a los empleados previamente, como el uso de razonamientos inferenciales formales más complejos, entre ellos, el reconocimiento de la prueba paramétrica apropiada para el análisis y la formulación de la hipótesis nula correspondiente al problema planteado. Identificaremos este tipo de respuestas como “*Respuesta óptima*”. En este sentido, resulta pertinente mencionar, que si bien, este tipo de respuesta no sería la más completa, a los efectos de nuestro estudio la consideraremos como aceptable.
- Además de responder al objetivo planteado, el alumno demuestra apropiación de los conocimientos desarrollados y explora las conjeturas del objetivo anterior. En este caso, aplica pruebas inferenciales para sustentar dichas conjeturas. La manifestación de este escenario hipotético indicaría un mayor grado de complejidad de los razonamientos desarrollados. En este contexto, además de los elementos identificados previamente, se deberían observar componentes como: comprensión del contexto, elaboración de nueva información e interpretaciones alternativas. Para nuestro análisis llamaremos a este tipo de abordaje “*Respuesta Integrada*”.

Presentamos a continuación el análisis de la presente propuesta, teniendo en cuenta los dos escenarios planteados.

#### 5.3.4.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis

- *Estilo de vida:* variable cualitativa dicotómica - Categorías: saludable / poco saludable.
- *Presencia de síndrome metabólico (SM):* variable cualitativa dicotómica - Categorías: sí / no

El abordaje del objetivo propuesto puede realizarse de diferentes maneras, consideraremos aquí todas las posibilidades.

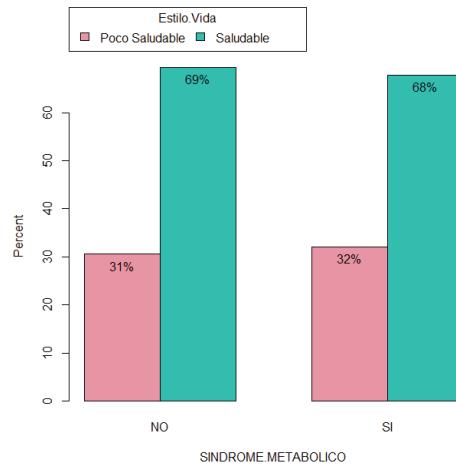
#### 5.3.4.2. Resultados y Discusión

Respuesta Óptima:

- a) Análisis exploratorio de la variable “Síndrome Metabólico” según el estilo de vida del sujeto. Aquí se podría optar por realizar un gráfico de barras comparativo o una tabla de contingencia. En este caso hemos optado por la primera opción.

**Figura 5.4**

*Distribución del síndrome metabólico según el estilo de vida.*



b.1) Estimaciones puntuales de las proporciones poblacionales de sujetos con estilo de vida saludables con y sin SM.

- Proporción de sujetos con estilo de vida saludable en el grupo con SM

$$\hat{p}_1 = \frac{57}{84} = 0,68$$

- Proporción de sujetos con estilo de vida saludable en el grupo sin SM

$$\hat{p}_2 = \frac{25}{36} = 0,69$$

Estos resultados sugieren que la proporción muestral de personas con estilo de vida saludable es ligeramente superior (69% vs 68%) en individuos que no tienen SM respecto de los que sí lo tienen. Sin embargo, resulta necesario evaluar si esta diferencia es estadísticamente significativa o puede ser atribuida al azar. Para lo cual realizaremos las pruebas inferenciales correspondientes.

b.2) Intervalo de confianza para la diferencia de proporciones ( $\hat{p}_1 - \hat{p}_2$ ):

Estimaremos el rango posible de valores para la verdadera diferencia entre las proporciones poblacionales ( $\pi_1 - \pi_2$ ). Si consideramos una confianza del 95%, la fórmula del intervalo para dos proporciones independientes es:

$$(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}_1 \hat{q}_1}{n_1} + \frac{\hat{p}_2 \hat{q}_2}{n_2}}$$

donde:

$\hat{p}_1 - \hat{p}_2$ : es la diferencia de proporciones muestrales.

$Z_{\alpha/2}$ : es el valor de Z crítico para el nivel de confianza establecido (1,96 para nuestro caso)

$\hat{q}_1$  y  $\hat{q}_2$ : corresponden a  $1 - \hat{p}_1$  y  $1 - \hat{p}_2$  respectivamente.

Entonces:

$$(0,68 - 0,69) \pm 1,96 \sqrt{\frac{0,68 - 0,32}{84} + \frac{0,69 - 0,31}{36}} = [-0,1963; 0,1647]$$

Dado que el valor del intervalo de confianza contiene al cero, no podemos descartar que la diferencia de proporciones poblacionales sea cero, esto implicaría que no hay diferencias estadísticamente significativas en las poblaciones de sujetos con estilo de vida saludable en los grupos con y sin SM.

b.3) Prueba de hipótesis para la diferencia de proporciones:

Una forma equivalente a la anterior de dar respuesta al objetivo propuesto es por medio de una prueba de hipótesis bilateral. Si consideramos un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  la prueba correspondiente está dada por:

Hipótesis del problema:

$$\text{Hip. Nula} = H_0: \pi_1 - \pi_2 = d_0 = 0$$

$$\text{Hip. Alternativa} = H_1: \pi_1 - \pi_2 \neq 0$$

*Estadístico de prueba (Z):*

$$Z_{obs} = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2 - d_0}{\sqrt{\hat{p}\hat{q}(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}}$$

donde:

$$\hat{p} = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2} = \frac{57 + 25}{84 + 36} = 0,683$$

$$\hat{q} = 1 - \hat{p} = 1 - 0,683 = 0,317$$

Entonces:

$$Z_{obs} = \frac{0,68 - 0,69 - 0}{\sqrt{0,683 * 0,317 (\frac{1}{84} + \frac{1}{36})}} \approx -0,170$$

*Criterio de rechazo de  $H_0$ :*

$$|Z_{obs}| > |Z_{\alpha/2}| > |1,96|$$

A partir de una tabla Z o utilizando el programa R, podemos calcular el valor p asociado a la prueba.

$$\text{valor } p \text{ (prueba bilateral)} = 2 * P(Z < -0,170) = 2 * 0,4325 = 0,8650$$

Dado que el valor p asociado a la prueba es mayor que el nivel de significancia establecido (0,05), no es posible rechazar la hipótesis nula.

Esto implica que, en función de la información disponible, no hay evidencia suficiente para concluir que exista una diferencia estadísticamente significativa en la proporción de sujetos con estilo de vida saludable entre los grupos con y sin SM.

#### 5.3.4.3. Respuesta Integrada

Para este tipo de respuesta hipotética, planteamos que el alumno además de brindar una solución al objetivo propuesto, realiza una revisión de los resultados y las conjeturas que elaboró para responder el objetivo 3 e intenta confirmarlas o refutarlas pero, en este caso, aplicando herramientas inferenciales.

En este sentido, esperamos que intente verificar por medio de una prueba de hipótesis o en su defecto un intervalo de confianza, si el 68% de los sujetos que presentaron un estilo de vida saludable difiere significativamente del 32% que presentó estilo de vida poco saludable, dentro del grupo de pacientes con SM. Analizaremos la respuesta esperada solo para el caso de la prueba de hipótesis.

b.4) Prueba de hipótesis para una proporción:

Si consideramos un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  la prueba correspondiente quedaría dada por:

*Hipótesis del problema:*

$$\text{Hip. Nula} = H_0: \pi_{saludable} = \pi_0 = 0,5$$

$$\text{Hip. Alternativa} = H_1: \pi_{saludable} \neq 0,5$$

*Estadístico de prueba (Z):*

$$Z_{obs} = \frac{\hat{p} - \pi_0}{\sqrt{\frac{\pi_0(1-\pi_0)}{n}}} = \frac{0,68 - 0,5}{\sqrt{\frac{0,5(0,5)}{84}}} \approx 3,33$$

*Criterio de rechazo de  $H_0$ :*

$$Z_{obs} > |Z_{\alpha/2}| > |1, 96|$$

Utilizando R, obtenemos un valor p asociado de 0.000528, este resultado nos lleva a rechazar la hipótesis nula.

Del análisis de la información suministrada, y en relación a la que denominamos “Respuesta Integrada” podemos concluir que existe diferencia estadísticamente significativa en la proporción de sujetos con estilo de vida saludable entre aquellos con y sin presencia de SM.

#### 5.3.4.4. Conclusión

La similitud en las proporciones (aproximadamente 70%) de individuos con estilo de vida saludable en ambos grupos (con y sin SM) sugiere que el estilo de vida de una persona no sería un factor determinante para que la misma presente SM. Sin embargo, a pesar de la falta de significancia estadística en el presente estudio, la relación entre un estilo de vida saludable y la presencia de desórdenes metabólicos está ampliamente descrita en la literatura.

Las discrepancias observadas en el presente estudio podrían ser atribuidas a diversos factores, entre ellos:

- *Tamaño de la muestra:* Teniendo en cuenta que las consideraciones sobre la aleatoriedad de la muestra ya fueron mencionadas previamente, consideraremos solamente lo referido al tamaño de la misma. En este sentido, una muestra de mayor tamaño, que permita incorporar un mayor número de individuos, particularmente en el grupo sin SM, podría aumentar el tamaño del efecto para detectar pequeñas diferencias, si las hubiera.
- *Definición del estilo de vida:* como mencionamos anteriormente, una de las limitaciones del estudio puede deberse a este factor. El estudio podría mejorarse si se consideraran otros componentes específicos del estilo de vida de las personas.

En relación a las conclusiones de la “*Respuesta Integrada*”, los resultados de la prueba de hipótesis muestran que no existen discrepancias entre las conjeturas preliminares y los resultados obtenidos en esta instancia. Los argumentos que permiten la explicación de estos resultados fueron expuestos en la discusión del objetivo 3.

#### 5.3.5. Objetivo 2 / Parte II

Este objetivo, al igual que el precedente, fue diseñado con un doble propósito. En primer lugar, se buscaba que los alumnos adquieran la habilidad de identificar y aplicar correctamente las herramientas inferenciales paramétricas adecuadas para la comparación de las medias de dos grupos independientes. Por otro lado, se pretendía fomentar la reflexión crítica sobre los resultados que se obtuvieron en el análisis exploratorio, concretamente en el objetivo 2 de la parte I.

De manera similar al anterior objetivo, se espera en esta instancia la promoción de habilidades cognitivas estrechamente relacionadas a componentes de conocimiento como por ejemplo, habilidades de alfabetización, conocimiento del contexto y pensamiento crítico. Esta instancia posibilitará también que emergan elementos clave asociados a razonamientos tanto formales como informales.

El objetivo a desarrollar en esta instancia fue:

*“Evaluar si la presión sistólica elevada, en promedio, es la misma en sujetos con y sin SM”.*

Su abordaje presentaba numerosos desafíos para los estudiantes, entre ellos:

- Aplicar un filtro de manera tal de seleccionar el grupo de pacientes cuya presión arterial sistólica fuera elevada, es decir,  $\geq 130$  mmHg.
- Seleccionar la técnica inferencial pertinente, en este caso, la *prueba t* para muestras independientes dado que permite evaluar si las medias poblacionales de dos grupos grupos son iguales o difieren significativamente entre ellas.
- Verificar el cumplimiento de los supuestos de homocedasticidad de varianzas y normalidad.
- Concluir en función de los resultados y del contexto del estudio.

A continuación, propondremos la solución que consideramos óptima para la propuesta. Para ello, plantearemos la solución analítica de la *prueba t* y, del mismo modo que para el objetivo anterior, plantearemos una solución “Integrada” que contempla la revisión del objetivo en su fase exploratoria. Finalmente, discutiremos los principales resultados en cada etapa del análisis, para luego formular una conclusión que permita integrar ambos aspectos.

#### 5.3.5.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis:

- *Presión arterial sistólica elevada PASe*: se considera elevada si su valor es  $\geq 130$  mmHg: Variable cuantitativa continua.
- *Presencia de síndrome metabólico (SM)*: variable cualitativa dicotómica - Categorías: si / no

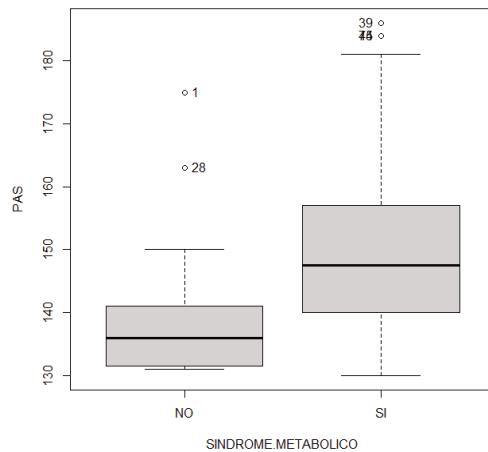
#### 5.3.5.2. Resultados y discusión

##### *Solución Óptima:*

- a) Análisis exploratorio de las variables incluidas en el análisis: En la figura 5.5 se muestra la distribución de la variable PASe en función de la presencia o no de SM.

**Figura 5.5**

*Distribución de la presión sistólica elevada en individuos con y sin síndrome metabólico*



De la misma se puede observar que, mientras las personas sin SM tuvieron una PASe comprendida entre 131 y 175 mmHg, los sujetos con SM mostraron valores comprendidos entre 130 y 187 mmHg. Tanto en el grupo de personas con y sin SM se observan valores atípicos de PASe, de los cuales podemos destacar dos individuos del grupo que presentó SM con valores por encima de 180 mmHg. Por otro lado, el 50 % de los sujetos sin SM mostró una PASe máxima 136 mmHg, mientras que en el grupo de pacientes que si presentan SM la misma valoración fue de 148 mmHg.

En cuanto a la forma de la distribución, podemos decir que ambos grupos de individuos presentan una asimetría izquierda en las distribuciones de las PASe, siendo esta más evidente en las personas sin SM. Se observa un escaso solapamiento entre los grupos, la parte superior de la caja del grupo sin SM se solapa levemente con la parte inferior de los que sí presentan SM, esto podría sugerir la existencia de diferencias estadísticamente significativas en las PASe medias de cada grupo. Para confirmar lo observado, realizaremos a continuación la prueba *t* correspondiente.

b) *Prueba t para dos muestras independientes* (solución analítica)

b.1) *Estadísticos descriptivos:* la tabla 5.6 muestra un resumen de las medidas descriptivas necesarias para el análisis.

**Tabla 5.6**

*Análisis descriptivo de la presión arterial sistólica elevada en individuos con y sin síndrome metabólico.*

| Grupo  | Media  | Desviación Estándar | Varianza | Total de casos |
|--------|--------|---------------------|----------|----------------|
| Sin SM | 139,85 | 11,42               | 130,41   | 20             |
| Con SM | 149,90 | 15,71               | 246,80   | 74             |

Nota. SM: Síndrome metabólico

b.2) *Hipótesis del problema:*

$$Hip. Nula = H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$$

$$Hip. Alternativa = H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

b.3) *Estadístico de prueba (t):*

$$t_{obs} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{\sqrt{s_p^2 (\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}}$$

donde:

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

$$s_p^2 = \frac{s_1^2(n_1-1) + s_2^2(n_2-1)}{n_1 + n_2 - 2}$$

b.4) *Verificación de supuestos:*

*Homogeneidad de varianzas*

i) *Regla empírica:* asumimos varianzas homocedasticidad si:

$$\left( \frac{s_{mayor}^2}{s_{menor}^2} \right) \leq 3 \Rightarrow \left( \frac{246,80}{130,41} \right) = 1,89 \Rightarrow \text{asumimos homogeneidad de varianzas}$$

ii) Para verificar la anterior conclusión, se realizó el test de Levene cuyo resultado, utilizando R, arrojó un valor  $p= 0,07$ , lo cual permite confirmar la validación del supuesto.

*Normalidad:*

Para la verificación de este supuesto se realizó la prueba de *Shapiro-Wilk* para cada población, a continuación informamos los valores p asociados a la prueba para cada estrato:

Población sin SM: 0,0001529

Población con SM: 0,00001162

Como se puede observar, el anterior resultado sugiere una violación del supuesto de normalidad de los datos. Sin embargo, la robustez del test se encuentra garantizada por el Teorema del Límite Central (TLC). El TLC asegura que, con tamaños muestrales grandes o relativamente grandes (74 y 20 en nuestro caso) y aleatorias, la distribución de las medias muestrales se aproximarán a la normalidad independientemente de la distribución de las poblaciones originales. Esta propiedad permite utilizar la *prueba t* como una herramienta inferencial válida y confiable especialmente en este tipo de contextos (datos biomédicos) donde las desviaciones a la normalidad son bastante frecuentes.

#### *b.5) Determinación de la Varianza ponderada ( $S_p^2$ )*

$$S_p^2 = \frac{130,41(20-1) + 246,80(74-1)}{20+74-2} = 222,76$$

#### *b.6) Determinación del t observado*

$$t_{obs} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{\sqrt{S_p^2(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}} = \frac{139,85 - 149,90 - 0}{\sqrt{222,76(\frac{1}{20} + \frac{1}{74})}} = -2,67$$

#### *b.7) Criterio de rechazo de $H_0$*

$$|t_{obs}| > t_{(\alpha/2; 92)} > 1,98$$

Teniendo en cuenta el criterio de rechazo establecido y el valor p (0,008911) asociado a la prueba, se rechaza la hipótesis nula del problema.

#### 5.3.5.3. Conclusión

Los resultados de la *prueba t de Student* para dos muestras independientes muestran una diferencia estadísticamente significativa en la PASe media entre individuos con y sin SM ( $p=0,008911$ ). Dado que el *valor p* obtenido es inferior al nivel de significancia (5%), se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. En consecuencia, se puede concluir que existe evidencia sólida para afirmar que la PASe media es significativamente diferente entre los grupos comparados. Teniendo en cuenta el análisis descriptivo previo, esta diferencia estaría indicando que la PASe tiende a ser significativamente más elevada en las personas que presentan SM respecto de las que no lo presentan.

No obstante, se deberían tener ciertos reparos al considerar la conclusión anterior. Si bien el test t muestra robustez frente a desviaciones moderadas de la normalidad, especialmente en tamaños muestrales como los considerados en el presente estudio, es importante reconocer que desviaciones más pronunciadas de la normalidad, particularmente en el grupo de menor tamaño ( $n=20$ ) podrían comprometer la precisión de las inferencias derivadas del dicho test. Por lo tanto, y dado el contexto de nuestro análisis se enfatiza la necesidad de un análisis visual más exhaustivo de los datos, con el objetivo de identificar la presencia de desviaciones extremas del supuesto de normalidad y en el caso de confirmarse, se deberían considerar herramientas como la transformación de los datos o

incluso pruebas no paramétricas como alternativa metodológica para una mayor cautela en las conclusiones.

Por otro lado, resulta importante destacar que en este tipo de contextos la evidencia clínica puede jugar un rol muy importante en la toma de decisiones, en este sentido, la convergencia entre la significancia estadística y la evidencia clínica otorgarían mayor peso a la conclusión estadística obtenida.

#### 5.3.5.4. Respuesta Integrada

Siguiendo la lógica de la metodología empleada en el análisis del objetivo previo, presentamos una respuesta que podría emergir como resultado de la revisión documental de los estudiantes respecto a las observaciones realizadas en el objetivo 2 de la parte I, el cual se centró en el análisis exploratorio de la PAS en pacientes con y sin SM.

La integración del análisis exploratorio con la etapa inferencial implica la realización de una prueba *t* para muestras independientes, análogo al desarrollado anteriormente, pero sin diferenciar por presión arterial elevada (PASE).

En este contexto formativo, se espera que el estudiante evidencie competencia tanto en análisis documental como en la formulación de respuestas sustentadas en métodos inferenciales consistentes con el análisis exploratorio inicial. A continuación, desarrollaremos la resolución analítica correspondiente.

*Prueba t para dos muestras independientes*

*Estadísticos descriptivos:* la tabla 5.7 muestra un resumen de las medidas descriptivas correspondientes a la variable PAS en individuos con y sin SM.

**Tabla 5.7**

*Análisis descriptivo de la presión arterial sistólica en individuos con y sin síndrome metabólico.*

| Grupo  | Media  | Desviación Estándar | Varianza | Total de casos |
|--------|--------|---------------------|----------|----------------|
| Sin SM | 129,88 | 15,65               | 244,92   | 36             |
| Con SM | 146,92 | 16,98               | 288,32   | 84             |

Nota. SM: Síndrome metabólico

*Hipótesis del problema:*

$$Hip. Nula = H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$$

$$Hip. Alternativa = H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

*Determinación de la Varianza ponderada ( $S_p^2$ )*

$$S_p^2 = \frac{288,32(84-1) + 244,92(36-1)}{84+36-2} = 275,44$$

*Determinación del t observado*

$$t_{obs} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{\sqrt{S_p^2(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}} = \frac{146,92 - 129,88 - 0}{\sqrt{275,44(\frac{1}{84} + \frac{1}{36})}} = 5,154$$

### 5.3.5.5. Verificación de supuestos

#### *Homogeneidad de varianzas*

Para verificar este supuesto, se realizó el test de Levene utilizando R y su resultado arrojó un valor  $p = 0.3483$ , lo cual permite confirmar la validación del supuesto.

#### *Normalidad*

Para la verificación de este supuesto realizaremos el test de Shapiro-Wilk para cada población, a continuación informamos los valores de cada una de ellas:

Población sin SM: 0,0637

Población con SM: 0,0003

Del resultado anterior se puede observar una violación del supuesto de normalidad para la población que presenta SM, sin embargo, la validez del supuesto se encuentra garantizada por el TLC ya que en ambas poblaciones presentan tamaños mayores a 30.

*Criterio de rechazo de  $H_0$*

$$|t_{obs}| > t_{(\alpha/2, 92)} > 1, 98$$

Utilizando R, obtenemos un valor  $p$  asociado de 0,000001043 lo cual nos lleva a rechazar la hipótesis nula.

### 5.3.5.6. Conclusión

Los resultados de la prueba *t de Student* para dos muestras independientes muestran una diferencia estadísticamente significativa en la PAS media entre individuos con y sin SM ( $p=0,000001043$ ). Dado que el valor  $p$  obtenido es inferior al nivel de significancia (5%), se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. Teniendo en cuenta el análisis descriptivo previo, esta diferencia estaría indicando que la PAS tiende a ser significativamente más elevada en las personas que presentan SM respecto de las que no lo presentan.

Consecuentemente, este análisis es consistente con las observaciones realizadas a nivel exploratorio en el desarrollo del objetivo 2 de la parte I del proyecto.

## 5.3.6. Objetivo 3 / Parte II

Finalmente, el tercer y último objetivo que analizaremos en la fase inferencial del presente estudio fue:

*“Evaluar si la concentración promedio de triglicéridos es la misma antes y después de los 6 meses de tratamiento”.*

Para dar respuesta a esta interrogante es necesario el planteo de una prueba *t* para muestras relacionadas. Esta herramienta metodológica es ampliamente utilizada en diversas áreas de las ciencias experimentales, cuando es necesario evaluar el efecto de intervenciones a lo largo del tiempo sobre las mismas unidades de análisis.

El desarrollo de esta propuesta implica una serie de procedimientos estadísticos estructurados, estrechamente relacionados a razonamientos formales de inferencia, que conducen al cálculo de un estadístico de prueba y un valor  $p$  que luego son utilizados para tomar una decisión sobre una hipótesis inicial.

Entre los principales elementos vinculados al RIF que se espera puedanemerger de esta propuesta, podemos mencionar:

- *Elección de la prueba adecuada:* elección del método inferencial adecuado en función de la información disponible y del interrogante al que se pretende dar respuesta.
- *Formulación de hipótesis:* expresión de la hipótesis nula y alternativa del problema en forma simbólica.
- *Verificación de supuestos:* validación de las condiciones requeridas para que los resultados de la prueba puedan considerarse válidos.
- *Cálculo del estadístico de prueba:* que cuantifica la diferencia entre los datos muestrales y lo que se espera bajo el supuesto de la hipótesis nula verdadera. Utilización del valor obtenido en la prueba inferencial como criterio de rechazo de la hipótesis nula.
- *Valor p:* que cuantifica la probabilidad de obtener los resultados observados o más extremos si la hipótesis nula fuera verdadera. Uso de esta medida, junto con la significancia de trabajo como criterio para cuantificar de manera objetiva la evidencia contra la hipótesis nula.

Asimismo, se espera también la expresión de elementos propios de alfabetización estadística, que en términos de Gal, (2004), son cruciales para la correcta interpretación de los resultados. En este sentido, podemos mencionar: comprensión de la incertidumbre, capacidad de generalización de los resultados obtenidos, uso de la evidencia y contexto, entre otros.

Propondremos a continuación la solución analítica al interrogante planteado:

#### 5.3.6.1. Identificación de las variables implicadas en el análisis:

- *Concentración de triglicéridos (TG - mg/dL): se considera elevada si su valor es  $\geq 150 \text{ mg/dL}$ . Variable cuantitativa continua.*

En la sección “metodología” del proyecto se describe que aquellos pacientes que presentan alteraciones en la concentración de triglicéridos (hipertrigliceridemia) fueron sometidos a una dieta por un período de 6 meses. Luego de esta intervención, se les determinó nuevamente la concentración de TG, la cual denominaremos TG6m.

*Solución óptima:*

- a) Para comenzar el análisis es necesario aplicar un filtro sobre los pacientes que presentaron una  $\text{TG}_{\text{initial}} \geq 150 \text{ mg/dL}$ . En la tabla 5.8 se muestran los resultados del análisis exploratorio de cada grupo.

**Tabla 5.8**

Análisis descriptivo de la concentración de triglicéridos en individuos que presentaron valores mayores a  $150 \text{ mg/dL}$  al inicio de la dieta y luego de los seis meses.

| Grupo                   | Media  | Mediana | Desviación Estándar | Mínimo | Máximo | Cantidad de casos |
|-------------------------|--------|---------|---------------------|--------|--------|-------------------|
| TG <sub>Initial</sub>   | 206,33 | 219,5   | 36,61               | 150    | 272    | 48                |
| TG <sub>6m</sub>        | 157,48 | 147,5   | 32,35               | 120    | 255    | 48                |
| Diferencia (Inicial-6m) | 48,85  | 46,00   | 34,60               | -5,00  | 142    | 48                |

Nota. TG:Triglicéridos

A partir del análisis exploratorio se puede observar una reducción tanto de los valores medios como medianos de la concentración de triglicéridos en el grupo de pacientes que fueron sometidos al tratamiento (dieta). Esta observación también puede hacerse extensiva a los valores máximos y mínimos observados luego del tratamiento, en los cuales puede observarse una disminución de los mismos. Sin embargo, cabe aclarar que se registraron dos sujetos que mostraron un incremento de 5 unidades (mínimo de la diferencia -5) en los valores de triglicéridos luego de finalizada la intervención. Para evaluar si las diferencias observadas en el análisis exploratorio pueden considerarse estadísticamente significativas, realizaremos la prueba paramétrica correspondiente.

*b) Prueba t para muestras relacionadas (solución analítica)*

Hipótesis del problema:

$$\text{Hipótesis Nula} = H_0: \mu_d = 0$$

$$\text{Hipótesis Alternativa} = H_1: \mu_d > 0$$

Estadístico de prueba (t):

$$t_{obs} = \frac{\bar{d} - \mu_{d0}}{\frac{s_d}{\sqrt{n_d}}}$$

donde:

$\bar{d}$  = Es el valor medio de las diferencias entre cada valor observado al inicio y a los 6 meses.

$s_d$  = Es la desviación estándar de las diferencias

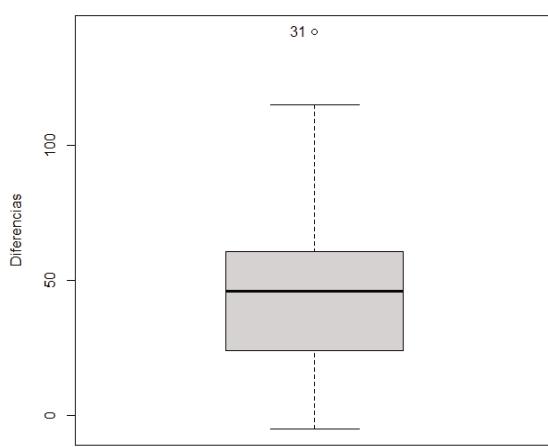
Verificación de supuestos:

La prueba t para muestras dependientes asume que las diferencias entre las mediciones pareadas ( $d$ ) se distribuye de aproximadamente de manera normal.

Para la verificación de este supuesto realizaremos una inspección visual de la variable diferencias (definida como  $Tg_{\text{initial}} - TG_{6m}$ ), utilizando un gráfico de caja y un gráfico de comparación de cuantiles (Q-Q plot). Para sustentar de manera objetiva las conclusiones surgidas del análisis gráfico realizaremos la prueba de Shapiro-Wilk.

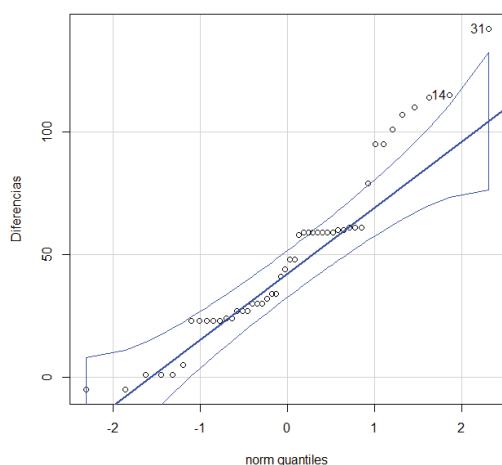
**Figura 5.6**

Distribución de la diferencia de la concentración de triglicéridos



**Figura 5.7**

Distribución de las diferencias de concentración de triglicéridos en función de los cuantiles teóricos de la distribución normal.



A partir de la observación de la figura 5.6, se puede deducir la presencia de una leve asimetría hacia la derecha con la presencia de un valor atípico que indicaría valores muy elevados de reducción de la concentración de TG. La presencia de este sesgo sugiere que la variable analizada no se aproxima a una distribución normal.

El análisis de la figura 5.7 muestra que los datos se ajustan razonablemente bien a la normalidad en su parte central, sin embargo, se observan desviaciones a la misma en la cola superior. La presencia de algunas diferencias (reducciones de la concentración de TG) inusualmente elevadas hacen que la distribución no se ajuste perfectamente a una distribución gaussiana. Asimismo, y teniendo en cuenta que la mayoría de los puntos están cerca de la recta y dentro de las bandas de confianza, la desviación podría no ser considerada extrema.

Por otro lado, el test de normalidad de Shapiro-Wilk indica que existe evidencia estadísticamente significativa (al 5%) para concluir que la distribución de las diferencias entre las mediciones de triglicéridos al inicio y luego de los 6 meses de tratamiento no se ajusta a una distribución normal ( $p=0,0108$ ).

Estos resultados sugieren una violación del supuesto de normalidad de la variable analizada, lo cual podría comprometer la validez teórica de la prueba y como consecuencia de ello, una aumento de la probabilidad de cometer error Tipo I, es decir, rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es verdadera.

Sin embargo, la prueba  $t$  es relativamente robusta a las violaciones del supuesto de normalidad, especialmente si:

- El tamaño de la muestra es lo suficientemente grande ( $>40$ ). Con muestras grandes el Teorema del Límite Central establece que la distribución muestral de la media de las diferencias tenderá a la normalidad.
- La desviación a la normalidad observada en los datos no es tan extrema (por ejemplo, no existe una asimetría muy marcada junto con múltiples valores atípicos). Los gráficos analizados en este apartado muestran una asimetría positiva leve y la presencia de un valor atípico.

Teniendo en cuenta estos resultados, asumiremos que a pesar de violar el supuesto de normalidad existen fuertes argumentos que nos permiten sostener la robustez y confiabilidad del test.

#### *Determinación del $t$ observado*

$$t_{obs} = \frac{48,85 - 0}{\sqrt{\frac{34,60}{48}}} = 9,78$$

#### *Criterio de rechazo de $H_0$*

$$t_{obs} > \left| t_{(\alpha; n_d - 1)} \right| > 1,67$$

Utilizando R, obtenemos un valor  $p$  asociado de  $3,25 \times 10^{-13}$ , lo cual nos lleva a rechazar la hipótesis nula.

#### **5.3.6.2. Conclusión**

El análisis estadístico muestra suficiente evidencia ( $p < 0,05$ ) para concluir que la dieta implementada en los sujetos con hipertrigliceridemia ( $TG \geq 150 \text{ mg/dL}$ ) fue efectiva para reducir significativamente los niveles de triglicéridos en sangre, observándose una reducción media de 48,85 mg/dL en el grupo de 48 individuos analizados.

## 5.4. Conclusiones del Capítulo V

En este capítulo hemos descrito y analizado el insumo sobre el cual se sustenta nuestro estudio, articulando de manera explícita los objetivos del proyecto de enseñanza implementado con los objetivos de nuestra investigación.

La delimitación de las etapas exploratoria e inferencial nos permitirá identificar y evaluar en detalle los elementos de Alfabetización y los distintos tipos de razonamientos que se ponen en juego al momento de resolver problemas estadísticos asociados con la vida profesional del estudiante.

El análisis a priori de cada objetivo de nuestro proyecto y la idealización de las construcciones que se esperan de los mismos nos permitirá construir de manera progresiva la trama de elementos cognitivos y de conocimiento que se manifiestan a lo largo del desarrollo del proyecto.

Esta mirada prospectiva no sólo valida la idoneidad del diseño del proyecto para abordar las preguntas de investigación, sino que también anticipa las complejidades inherentes a cada tarea, como la necesidad de crear variables, aplicar filtros, interpretar resultados potencialmente constraintuitivos, evaluar las condiciones de aplicabilidad de las técnicas estadísticas y hacer uso de la tecnología como herramienta indispensable para el desarrollo profesional.

Con esta base, estamos en condiciones de emprender el análisis de contenido de las resoluciones de los estudiantes, tarea a la cual dedicaremos el siguiente capítulo.

# Capítulo VI

## *Análisis y Discusión de Resultados*

---

### 6.1. Introducción

En este capítulo se presentan y discuten los resultados del análisis de contenido aplicado a las resoluciones de los estudiantes correspondientes a los seis objetivos del proyecto. Para hacer más comprensible el análisis, el mismo se estructura en dos fases, que se corresponden con las dos partes en que fue dividido el proyecto, según lo expuesto en el Capítulo IV.

**Fase I:** aborda el análisis de los elementos vinculados a la Alfabetización Estadística (AE) y al Razonamiento Inferencial Informal (RII), en el marco de los tres primeros objetivos.

**Fase II:** se focaliza en los elementos correspondientes al Razonamiento Inferencial Formal (RIF), asociados a los objetivos de la segunda parte del proyecto.

Dado que la investigación contempla producciones de estudiantes de tres carreras y seis objetivos específicos, se implementó una estrategia analítica gradual y sistemática. Esta estrategia permite abordar las expresiones de los elementos analizados (AE, RII y RIF) desde una visión general hasta un estudio particular, en tres momentos secuenciales:

#### *1. Análisis general del desempeño*

En esta primera instancia se describen las tendencias generales observadas en las resoluciones, con el objetivo de identificar fortalezas y debilidades comunes en la expresión de los distintos componentes del pensamiento estadístico. Para ello, se emplean gráficos de barras apiladas que permiten comparar visualmente los niveles de desempeño (Nulo, Medio, Alto) en los diversos elementos evaluados.

#### *2. Identificación de perfiles*

En la segunda etapa analizamos la diversidad de los desempeños individuales mediante la identificación de perfiles similares entre grupos de estudiantes. Para ello, realizamos un Análisis de Cluster Jerárquico, utilizando la distancia euclídea como medida de similitud y el método de enlace Ward.D2, con el propósito de conformar grupos homogéneos y bien diferenciados (Zelterman, 2015).

Este procedimiento permite identificar tres perfiles diferentes de desempeño a partir de los cuales seleccionamos una respuesta representativa de cada grupo. Estas respuestas prototípicas son objeto de un análisis cualitativo que permite caracterizar los patrones de conocimiento y razonamiento presentes en cada perfil y poner en evidencia los errores más frecuentemente observados.

#### *3. Exploración de interacciones entre elementos*

En la tercera y última instancia, se exploran las interacciones entre los distintos elementos del pensamiento estadístico, tal como fueron definidos teóricamente en el Capítulo III. Este análisis busca indagar cómo estos componentes se articulan en la resolución de problemas, permitiendo avanzar en la validación empírica del modelo teórico propuesto y enriquecer la

comprensión del proceso de construcción del conocimiento estadístico por parte de los estudiantes. Para el análisis de esta sección solo tendremos en cuenta generalidades.

## 6.2. Consideraciones del Análisis de Contenido de las resoluciones

### 6.2.1. Criterios del análisis de contenido

Antes de presentar los resultados correspondientes a cada una de las fases previamente descritas, es importante detallar los criterios adoptados para el análisis de contenido de las respuestas de los estudiantes. Esta descripción permite comprender cómo se evaluó la expresión de los distintos elementos de alfabetización estadística (AE), razonamiento inferencial informal (RII) y razonamiento inferencial formal (RIF) considerados en este estudio.

Para cada elemento, se identificaron uno o más indicadores específicos, los cuales fueron presentados en la Tabla 5.2. Estos indicadores actuaron como guías para valorar la presencia y el nivel de desarrollo de los elementos en las respuestas de los estudiantes.

### 6.2.2. Niveles de expresión por indicador

Cada indicador fue evaluado según tres niveles de expresión cualitativa:

*Nivel nulo*: el indicador no está presente o no puede ser identificado en la respuesta.

*Nivel medio*: el indicador está presente, pero su expresión es confusa, incompleta o no completamente coherente.

*Nivel alto*: el indicador está claramente expresado y correctamente desarrollado dentro de la respuesta.

### 6.2.3. Criterio de evaluación del nivel del elemento

Dado que un mismo elemento puede estar representado por más de un indicador, se estableció un sistema de puntuación para determinar el nivel global de expresión del elemento en cuestión. Para ello:

1. Se asignó un puntaje a cada nivel del indicador:  
*Alto* = 1 punto  
*Medio* = 0,5 puntos  
*Nulo* = 0 puntos
2. Luego, se calculó el promedio del puntaje total obtenido en los indicadores correspondientes a ese elemento.
3. A partir de ese promedio, se determinó el nivel final del elemento según los criterios que se detallan en la tabla 6.1:

**Tabla 6.1**

*Criterios para asignación del nivel del elemento según su puntuación*

| Promedio de puntuación | Nivel final del elemento |
|------------------------|--------------------------|
| $\geq 0,7$             | Alto                     |
| $> 0$ y $< 0,7$        | Medio                    |
| $= 0$                  | Nulo                     |

Este procedimiento permitió estandarizar la evaluación de las respuestas y brindar consistencia a los análisis cualitativos y cuantitativos posteriores, asegurando que la

interpretación de los niveles de expresión estuviera basada en criterios claros y fundamentados.

Comenzaremos a continuación con la primera fase de nuestro análisis.

## 6.3. Análisis de los elementos observados para el objetivo 1

En esta sección analizaremos cómo resolvieron los grupos de estudiantes el primer objetivo específico del proyecto. Para ello, tomaremos como referencia la respuesta “óptima” que se propuso en el Capítulo V.

En la respuesta “óptima” se esperaba que los estudiantes identificaran la elevada proporción de individuos con síndrome metabólico (SM) en ambos sexos, señalando una diferencia levemente superior en el grupo de los hombres (72% vs. 67%). También se valoraba el reconocimiento de las proporciones de individuos sin SM y la comparación de estas entre sexos.

Se consideraba adecuado que interpretaran estas diferencias en relación con posibles factores biológicos, conductuales o contextuales, y que justificaran la necesidad de un análisis inferencial para determinar su significancia estadística.

Además, también se esperaba una reflexión sobre la representatividad de la muestra y una conjetura fundada sobre la mayor prevalencia de SM en hombres, vinculada con la necesidad de estrategias de salud pública orientadas a personas de 40 a 60 años.

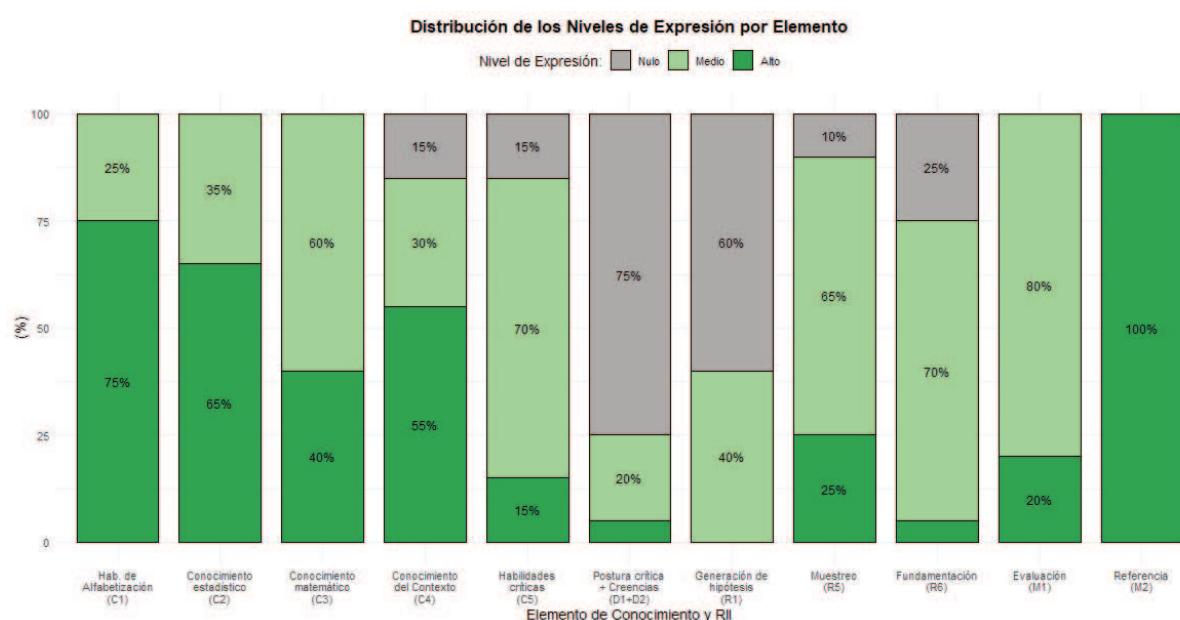
### 6.3.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Nutrición

#### 6.3.1.1. Generalidades del desempeño

En la figura 6.1 se pueden observar las frecuencias con las que se expresaron los diferentes elementos considerados.

**Figura 6.1:**

*Niveles de expresión de los elementos de conocimiento y de razonamiento inferencial informal identificados en los alumnos de la carrera licenciatura en Nutrición*



En términos generales, se observa una marcada variabilidad en los niveles de expresión de los distintos elementos evaluados, con un predominio de los niveles medio y alto en muchos de ellos, aunque también se identifican la falta de expresión de algunos componentes clave relacionados tanto a componentes del conocimiento como a los de razonamiento.

En lo que respecta a los elementos de conocimiento C1, C2 y C3, se destaca que el 100 % de los grupos alcanzó niveles de expresión medio o alto, siendo particularmente elevado el nivel alto en C1 (75%) y C2 (65%). Estos resultados sugieren que este grupo de estudiantes no presentan problemas para interpretar adecuadamente elementos básicos, como la lectura de gráficos y tablas, la identificación de variables o la comprensión del contexto de un problema.

En contraste, para los elementos C4, C5 y D1+D2 se observa un comportamiento dispar respecto de las componentes analizadas previamente, incluyendo niveles nulos de expresión. En particular, el 75 % de los grupos no expresó evidencia alguna en D1+D2, lo que sugiere dificultades al momento de asumir una postura crítica frente a los datos y/o resultados obtenidos. Esto se traduce en la escasa aparición de cuestionamientos sobre el origen de los datos, el análisis de posibles sesgos muestrales o la formulación de interpretaciones alternativas. En el desarrollo de su modelo, Gal (2002), define a este grupo de individuos como “*consumidores pasivos de datos*”, es decir, son individuos que poseen el conocimiento técnico pero no la capacidad para evidenciar una postura de cuestionamiento. Por otro lado, observamos una discrepancia con los resultados obtenidos por Figueroa & Aznar (2018) quienes al analizar una muestra de 140 alumnos de segundo año de ingeniería encontraron que las habilidades de AE no están afianzadas en la mayoría de los estudiantes analizados, resultado que, claramente, no coincide con los aquí presentados.

En relación con los componentes del RII, el patrón observado es similar al detectado para las componentes del conocimiento, mostrando predominio de niveles medio y alto. En particular, los elementos R1 y R6 parecieran ser los que presentaron los mayores inconvenientes, con un 60 % y 25 % respectivamente de los grupos que no han mostrado evidencia de uso de estos elementos en la resolución del objetivo propuesto. Estos resultados podrían indicar cierto nivel de dificultades en este grupo de estudiantes que se traducen principalmente en la capacidad de formular conclusiones preliminares o generalizaciones más allá de los datos, como, por ejemplo, realizar comparaciones entre los grupos analizados, o justificar sus conclusiones teniendo en cuenta los resultados obtenidos. En este sentido, Makar & Rubin (2009) nos permiten poner en perspectiva estos resultados afirmando que la capacidad para separar la mera descripción de los datos de una conjectura inferencial no es un proceso trivial, sino por el contrario es una de las barreras conceptuales que deben atravesar los estudiantes en el aprendizaje de la estadística y por lo tanto una de las dificultades más frecuentemente observada. En este sentido, nuestros resultados son consistentes con estas observaciones.

### 6.3.1.2. Identificación de perfiles de estudiantes

En la figura que presentamos a continuación (Figura 6.2) observamos los distintos niveles de expresión de cada elemento evaluado para cada uno de los grupos analizados.

Tal como hemos anticipado al comienzo del capítulo, utilizaremos esta información para identificar tres grupos de estudiantes con perfiles similares. A partir del dendrograma presentado en la figura 6.3 se pueden diferenciar claramente los tres grupos con perfiles similares.

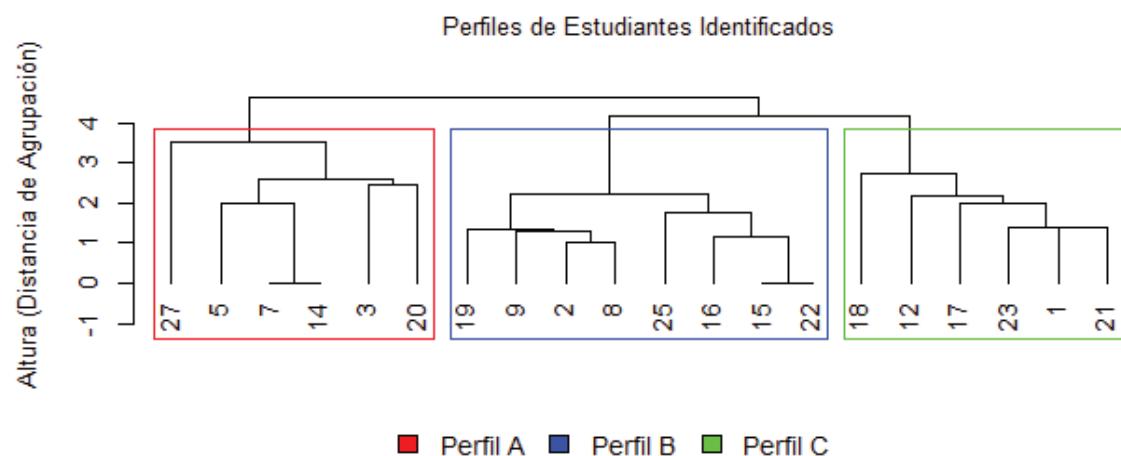
**Figura 6.2**

Niveles de expresión de los elementos de conocimiento y de razonamiento inferencial informal identificados en cada grupo de la carrera licenciatura en Nutrición



**Figura 6.3**

Perfiles de grupos de estudiantes de la carrera de nutrición que resolvieron el objetivo 1 del proyecto de manera similar.



El primer perfil identificado, denominado "Perfil A", agrupa a los equipos 3, 5, 7, 14, 20 y 27. Este conglomerado se distingue por un alto desempeño general, caracterizado por la activación de entre 9 y 10 de los 11 elementos evaluados. Un indicador de su solidez es que al menos la mitad de los elementos activados se expresaron en su nivel más alto.

Una característica central de este perfil es el sólido dominio de los elementos de conocimiento (AE), que contrasta con una activación más selectiva de los componentes de razonamiento (RII), donde se destacan entre dos y cuatro de ellos en su nivel más elevado de expresión. Por otro lado, es notable que más del 80% de los estudiantes de este perfil no mostró evidencia del elemento C5 (Habilidades Críticas), sugiriendo una debilidad en este perfil en su capacidad para cuestionar o evaluar críticamente la información presentada.

#### 6.3.1.3. Análisis de una justificación del “Perfil A” de estudiantes.

Para el análisis cualitativo se seleccionó como caso representativo al grupo 14 (cuadro 6.1). Esta elección se fundamenta en la riqueza y claridad de su producción escrita. En primer

lugar, se evidencia el uso del elemento C1 (Habilidades de Alfabetización) mediante la correcta lectura e interpretación de la tabla y los gráficos presentados. Asimismo, el grupo incorpora referencias al contexto del problema, que se pueden evidenciar en la expresión “*factores de riesgo no modificables*”, lo cual pone de manifiesto la activación del elemento C4 (Conocimiento del Contexto). En cuanto al conocimiento estadístico y matemático (C2 y C3), estos se reflejan en el uso adecuado de las frecuencias relativas y comparaciones entre los grupos.

En cuanto a los componentes del RII, se evidencia la utilización del elemento R1 (Generación de Hipótesis) al comparar 47 hombres con 37 mujeres o al mencionar los porcentajes en cada grupo (72% vs 67%), reforzando esta mirada comparativa con la expresión “*podríamos llegar a decir que... es más frecuente*”, lo cual indica una clara referencia a las diferencias observadas. Los elementos R5 (Muestreo) y R6 (Fundamentación), también son identificables en afirmaciones que dan cuenta de la importancia del tamaño muestral sobre la validez de las conclusiones. En este sentido, el grupo señala explícitamente “*...la cantidad de mujeres encuestadas fue menor*”. Además, se reconocen elementos moderadores como M1 (evaluación) y M2 (referencia), a partir de frases como “*mayor porcentaje de hombres, pero poca diferencia*”, “*muy poca la diferencia*”, o el uso explícito de los términos “*sexo masculino*”, “*hombres*” y “*mujeres*” al comparar los resultados.

#### 6.3.1.4. Errores o dificultades identificados en el “Perfil A” de estudiantes

Algunos de los errores más comunes observados en este perfil se asocian, por ejemplo, a la realización de comparaciones basadas exclusivamente en frecuencias absolutas (47 vs 37), sin considerar el tamaño de los grupos, lo cual conduce a una conclusión incorrecta sobre la magnitud de la diferencia (grupo 5). Por otro lado, el grupo 7 presentó un gráfico de barras adosadas pero invirtió el orden de las variables, invierte el condicionante, no obstante, luego realizan una correcta interpretación de estos resultados.

La presencia de estos errores, incluso en uno de los perfiles que ha demostrado un mejor desempeño general, pone de manifiesto la necesidad de fortalecer la enseñanza de ciertos aspectos fundamentales de la estadística descriptiva. La comparación directa de frecuencias absolutas sin considerar el tamaño relativo de los grupos, así como la inversión del condicionante en gráficos de barras, son errores que, si bien pueden parecer elementales, tienen un impacto significativo en la interpretación de los resultados y en la validez de las conclusiones.

#### Cuadro 6.1

##### Respuestas del grupo 14

| sexoo | Variable            | Clase | Categorías | FA | FR   |
|-------|---------------------|-------|------------|----|------|
| h     | SINDROME METABOLICO | 1     | NO         | 18 | 0,28 |
| h     | SINDROME METABOLICO | 2     | SI         | 47 | 0,72 |

| sexoo | Variable            | Clase | Categorías | FA | FR   |
|-------|---------------------|-------|------------|----|------|
| m     | SINDROME METABOLICO | 1     | NO         | 18 | 0,33 |
| m     | SINDROME METABOLICO | 2     | SI         | 37 | 0,67 |

Tabla 1

### Síndrome Metabólico según el sexo

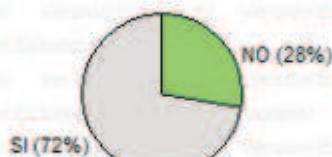
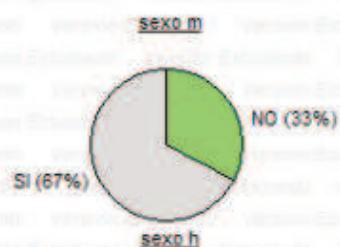


Gráfico 1

## Resultados

### Para el tema: Estadística descriptiva

1) Describir la situación del SM según el sexo del individuo.

El Síndrome Metabólico presenta diversos factores de riesgo “no modificables”, como por ejemplo el sexo.

En base a los datos brindados sobre el estudio realizado en cuestión, pudimos obtener que la cantidad de personas diagnosticadas con SM eran un total de 84, mientras que las 36 restantes no lo presentaban.

Profundizando aún más, sobre los resultados positivos y en base al factor anteriormente nombrado, 47 de ellos correspondían al sexo masculino y 37 al sexo femenino. Mientras que los que no presentaban dicha condición, fueron 18 hombres y 18 mujeres.

Por lo tanto, se pudo extraer que el mayor porcentaje de personas con SM fueron hombres, siendo así un 72% de ellos. Sin embargo, es muy poca la diferencia que se obtiene a comparación de las mujeres que si presentan SM, siendo un 67% de las encuestadas.

Basándonos en los resultados obtenidos, podríamos llegar a decir que el Síndrome Metabólico es más frecuente en el sexo Masculino, que en el Femenino. De todos modos, cabe destacar que la cantidad de mujeres encuestadas fue menor (aunque no por mucha diferencia).

El segundo perfil de respuestas que identificamos es el que denominamos “Perfil B”, conformado por los grupos 2, 8, 9, 15, 16, 19, 22 y 25. Este conglomerado se caracteriza por un desempeño general “moderado” donde se distingue la activación entre 7 y 9 de los 11 elementos analizados y como máximo el 36% de los mismos se expresan en el nivel más alto de nuestra escala.

Este grupo de respuestas se destaca principalmente por presentar un notable manejo de elementos de conocimiento como C1, C2 y C3, sin embargo se observan algunas falencias (marcadas por la falta de expresión) de elementos como C4, C5 y D1+D2. Estos resultados sugieren una debilidad en este perfil de estudiantes para contextualizar y adoptar una mirada reflexiva sobre la información que han generado.

En relación a los elementos de razonamiento, se destacan la mayoría de las componentes en su nivel medio de utilización a excepción del elemento moderador M2 que se identificó en todos los casos en el nivel “Alto”.

#### 6.3.1.5. Análisis de una justificación del “Perfil B” de estudiantes

Para el análisis de un caso prototípico en este perfil hemos seleccionado el grupo 25 cuya respuesta se presenta en el cuadro 6.2.

Como se puede observar en la producción, los alumnos calculan e interpretan correctamente las frecuencias absolutas y relativas porcentuales en cada grupo, además presentan un gráfico que, aunque lo presentan utilizando frecuencias absolutas, logran extraer del mismo la información que detallan, también identifican correctamente las variables del estudio (sexo y SM). Esta información indica un claro dominio de elementos clave del conocimiento como C1, C2 y C3. Sin embargo el análisis es puramente descriptivo, en ningún momento realizan comparaciones entre los grupos analizados ni elaboran conclusiones sobre, por ejemplo, qué grupo presentó mayor prevalencia de SM, careciendo en este sentido de utilización del elemento de razonamiento R1. Se identifican también algunas expresiones que dan cuenta del empleo de los elementos R5, R6 y M1 al mencionar “...seleccionadas aleatoriamente de una determinada población” y la descripción y análisis de otros factores como PAS, CC, etc que podrían condicionar la presencia de SM.

#### 6.3.1.6. Errores o dificultades identificados en el “Perfil B” de estudiantes

Entre los errores más frecuentemente observados en los integrantes de este perfil se destacan la utilización de la variable SM como variable independiente, es decir, inversión del orden de las variables para el análisis. Realización del gráfico de barras comparativo utilizando frecuencias absolutas en lugar de relativas. También se observan errores de aproximación, por ejemplo, el grupo 16 menciona que el porcentaje de individuos sin SM es de aproximadamente el 30 % en ambos sexos, lo cual es una aproximación demasiado gruesa que oculta la verdadera diferencia entre hombres (28%) y mujeres (33%).

#### Cuadro 6.2

##### Respuesta del grupo 25

###### Para el tema: Estadística descriptiva

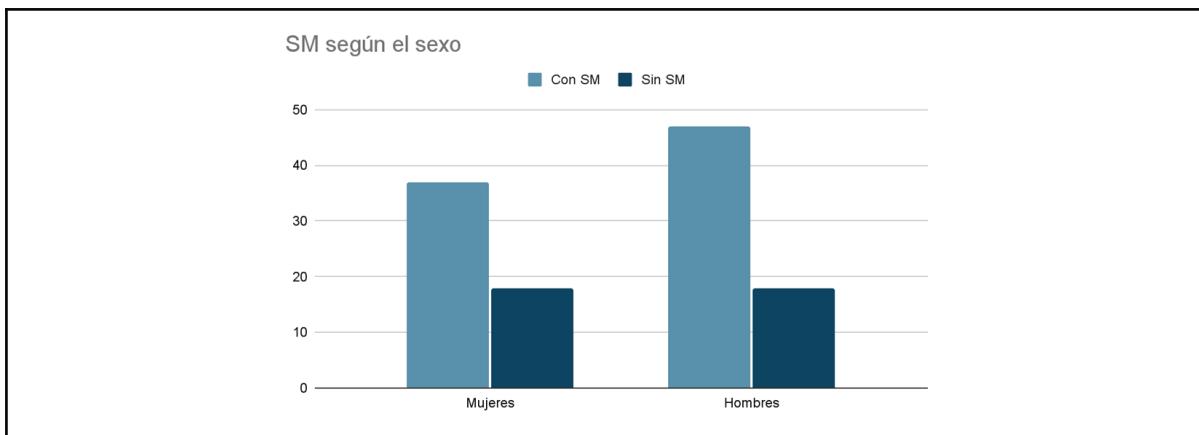
- 1) Describir la situación del SM según el sexo del individuo.

De las 120 personas entre 40 y 60 años seleccionadas aleatoriamente de una determinada población, participantes del estudio realizado en el año 2019, podemos concluir que 55 son mujeres y de estas 37 padecen el síndrome metabólico, es decir, un 67%.

Analizando los factores, los resultados de las siguientes medidas dieron mayores a las normales: la **CC** en el 95%; la **GL** en el 49%; la **PAS** en el 81%; la **PAD** en el 51%; los **TG** en el 51% de las que padecen el SM y finalmente la **HDL** dio resultado menor al valor normal en el 51% de las padecientes del SM.

En el estudio, por su parte, participaron **65 hombres** y de ellos, **47 padecen el SM**.

Respecto a las evaluaciones, los factores que se vieron alterados, dando por encima del número esperado fueron la **CC** en el 96%; la **GL** en el 64%; la **PAS** en el 94%; la **PAD** en el 64% y los **TG** en el 55% de los varones con **SM** y la **HDL** dio por debajo en el 34% de los casos de varones con **SM**.



Los estudiantes que integran los grupos 1, 12, 17, 18, 23 y 21 son los que conforman nuestro tercer perfil de respuestas (Perfil C). Este agrupamiento presenta como característica general y, en comparación con los dos anteriores, un perfil de rendimiento menos desarrollado que se distingue por el empleo de entre 7 y 10 de los 11 elementos evaluados pero a diferencia del anterior perfil solo se expresan en el nivel “Alto” como máximo el 27% de las componentes analizadas.

Como se puede observar en el gráfico 6.2, en este perfil las características cognitivas de conocimiento se identificaron en su mayoría en nivel “Medio” y “Nulo” de expresión. Estos resultados sugieren un escenario mucho más desafiante para este grupo de estudiantes al momento de emprender un análisis estadístico ya que, las debilidades observadas en componentes básicos de la alfabetización estadística (C1, C2, C2) podrían interferir con el desarrollo de concepciones de razonamiento de orden superior vinculadas tanto a los razonamientos informales como formales.

Al detenernos sobre los elementos de razonamiento, observamos un comportamiento similar al de los componentes de conocimiento, representado en su mayoría por los niveles medio y nulos, a excepción del elemento M2 que se identificó en todos los casos en su nivel máximo.

#### 6.3.1.7. Análisis de una justificación del “Perfil C” de estudiantes

Para representar una producción de este perfil hemos seleccionado al grupo 17, cuyo análisis presentamos en el cuadro 6.3. Como se puede observar, la producción también es netamente descriptiva, muy sintética y se complementa con un gráfico en el cual se invierte el orden de las variables (error descrito previamente), sin embargo, se observa que que identifican el total de los casos analizados, interpretan la prevalencia general: “mayoría... tenían” comparando las frecuencias absolutas de cada grupo y las asocian al contexto del problema: “tenían síndrome”. Es por esto que identificamos el componente C1 y lo clasificamos en el nivel “Alto” de expresión. Por otro lado, no presentan los valores de las frecuencias relativas de cada grupo (C3), tampoco se evidencian expresiones referidas a la muestra (C5). El elemento C4 se puede identificar en expresiones como “mayoría” y la igualdad de los conteos para los grupos pero no identifica ni discute la diferencia en el grupo con SM ni las prevalencias de cada grupo, que son clave para entender el problema propuesto.

En relación a los elementos de razonamiento podemos observar algunas débiles manifestaciones que dan cuenta de la utilización de R1 y R6 que se identifican en expresiones como “misma cantidad de personas que no lo tenían”, que se pueden

interpretar como un intento de contrastar y contextualizar las diferencias o similitudes entre los grupos, sin embargo, en ningún momento analiza la diferencia principal (SM vs Sexo) ni reflexiona sobre sus posibles causas.

### Cuadro 6.3

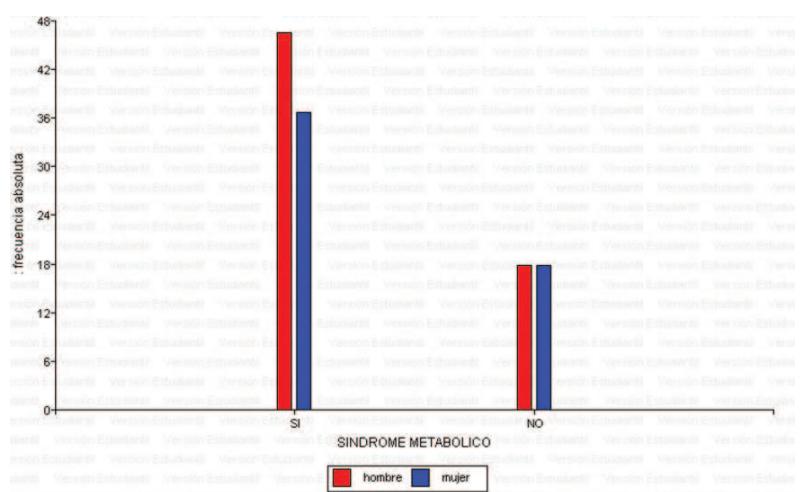
#### Respuestas del grupo 17

##### Discusión y conclusión

###### 1) Describir la situación del SM según el sexo del individuo.

Lo que se visualiza en este gráfico es que, de 120 casos totales, es que la mayoría de los hombres y las mujeres analizados tenían el síndrome.

Además que en ambos sexos presentaban la misma cantidad de personas que no lo tenían.



#### 6.3.1.8. Errores o dificultades identificados en el “Perfil C” de estudiantes

Uno de los errores más llamativos identificados en este grupo de producciones está relacionado con una confusión conceptual fundamental respecto al tipo de variables analizadas. En particular, el grupo 12 informa la “media” para los subgrupos definidos por la variable categórica SM (Sí/No), lo cual evidencia una comprensión inadecuada sobre las medidas de tendencia central y su utilización.

El error más frecuente observado, involucra a los grupos 12, 17 y 18, quienes presentan comparaciones entre hombres y mujeres utilizando frecuencias absolutas (47 vs. 37), sin tener en cuenta los diferentes tamaños en cada grupo (65 vs. 55). Esta omisión afecta directamente la validez de las conclusiones extraídas, ya que impide una comparación proporcional adecuada.

Además, se identificaron otros errores conceptuales, por ejemplo, los grupos 23, 21 y nuevamente el grupo 18, invierten el condicionante en el análisis de la relación entre SM y sexo, un error previamente descripto y particularmente recurrente.

También se observó una desviación del foco del objetivo del estudio, como se evidencia en algunos casos donde se informa, en términos absolutos, la cantidad de individuos que no presentan SM, perdiendo así la orientación del análisis planteado en la consigna.

A partir del análisis desarrollado anteriormente, fue posible identificar tres perfiles claramente diferenciados en función de la cantidad y calidad de los elementos utilizados por los estudiantes al momento de justificar sus respuestas. Esta segmentación no sólo permitió

caracterizar distintos niveles de desempeño, sino también visibilizar una serie de errores recurrentes. La presencia de estas dificultades, incluso en estudiantes que mostraron un desempeño general óptimo, pone en evidencia la necesidad de afianzar los conocimientos esenciales desde las primeras etapas de la formación.

Estos hallazgos son consistentes con los informados por Anasagasti et al. (2023), quienes estudiaron el impacto de dos metodologías de enseñanza sobre los perfiles de aprendizaje en futuros docentes. En su investigación, los autores identificaron que aquellos estudiantes con perfiles de aprendizaje menos favorecidos tendían a presentar fallas en el dominio conceptual y en el conocimiento declarativo, dificultades que se asemejan a las detectadas en nuestro análisis.

Además, la comparación entre metodologías de enseñanza arrojó resultados especialmente significativos: el grupo que trabajó bajo la modalidad de Aprendizaje Basado en Proyectos presentó una proporción considerablemente mayor de estudiantes en perfiles de aprendizaje más robustos, en todas las competencias evaluadas en comparación con el grupo que recibió enseñanza del tipo tradicional.

En este sentido, nuestros resultados refuerzan la importancia de avanzar hacia propuestas didácticas que no solo promuevan la comprensión conceptual, sino que también logren comprometer activamente a los estudiantes en procesos de construcción del conocimiento.

#### 6.3.1.9. Análisis de las relaciones entre los elementos de conocimiento y de razonamiento.

Respecto a las relaciones entre los distintos elementos analizados en este conglomerado de estudiantes, encontramos dos que nos resultan muy importantes.

En términos generales se puede observar una transición bien definida entre los componentes de conocimiento y los de razonamiento, los cuales se ven evidenciados con la expresión C1, C2 y C3 que se relacionan directamente con R1 (Generación de Hipótesis), evidenciándose esto, por ejemplo, en la formulación de la conjetura “el síndrome metabólico es más frecuente en el sexo masculino”. Otra interacción clave que caracteriza al grupo es la que observamos entre el elemento Habilidad Crítica (C5) y el razonamiento sobre el Muestreo (R5). Al identificar que “la cantidad de mujeres encuestadas fue menor”, demostrando la capacidad de cuestionar la evidencia sobre la que se basa su propia conjetura.

#### 6.3.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica.

##### 6.3.2.1. Generalidades del desempeño.

Siguiendo un análisis similar al realizado anteriormente pero en este caso para los estudiantes de las carreras de Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica, en el gráfico 6.4 presentamos los distintos niveles de expresión de los elementos puestos en juego por los 31 grupos analizados en la muestra al momento de resolver las actividades del objetivo 1 del proyecto.

De manera análoga a lo observado para los estudiantes de LN, podemos destacar un claro contraste entre las componentes de conocimiento base, en los cuales se destacan niveles “Medio” y “Alto”, en contraste con la expresión de las componentes de razonamiento en las cuales predominan los niveles “Medio” de utilización, a excepción del elemento moderador

del razonamiento M2 donde (de manera similar a los estudiantes de LN) el 94% de los grupos analizados hizo uso del elemento de manera correcta.

En particular, el análisis de las componentes cognitivas de conocimiento muestran que el 71% de los grupos hizo uso de manera adecuada del elemento Habilidades de Alfabetización (C1), razón por la cual los hemos clasificado en la máxima puntuación de nuestra escala, sin embargo, esta máxima calificación se reduce al 42% para la expresión del elemento Conocimiento Estadístico (C2). Esta disminución observada podría explicarse en el sentido de que si bien este grupo de alumnos son particularmente eficientes al momento de generar, analizar e interpretar información estadística (tablas, gráficos, etc) comienzan a presentar algunos inconvenientes al momento de, por ejemplo, contextualizar estos resultados a partir del correcto reconocimiento de las variables implicadas en el análisis y su significado en el problema de estudio.

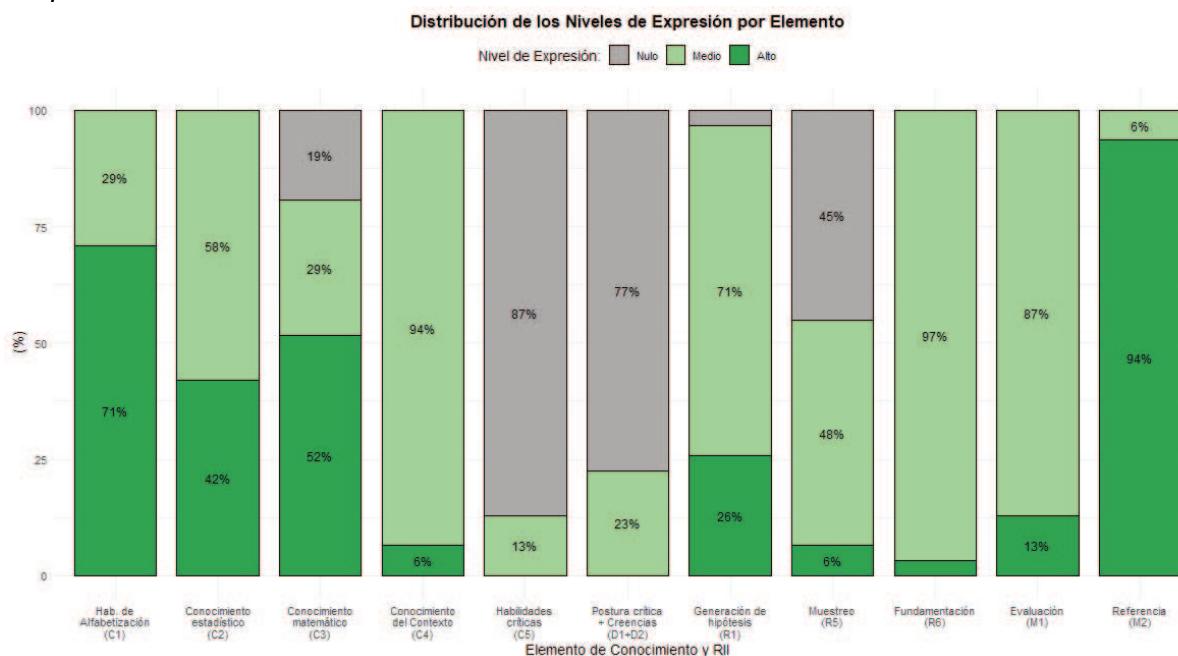
Contrariamente a lo evidenciado para C2, observamos que la mayoría (52%) realizó un uso adecuado del elemento Conocimiento Matemático (C3), sin embargo, destacamos para este elemento la presencia de 6 grupos que no han mostrado evidencias de utilización del mismo. Este resultado resulta particularmente preocupante dado que, para este objetivo en particular, los indicadores de expresión del elemento en cuestión estaban dirigidos a la utilización principalmente de frecuencias absolutas y relativas, elementos de conocimiento que consideramos indispensables para emprender un análisis exploratorio de datos.

Por otro lado, para el elemento Conocimiento del Contexto (C4) observamos que el 94 % fue clasificado en nivel “Medio” y solo dos grupos mostraron evidencias de utilizar la habilidad de manera adecuada. Este resultado podría indicar que la comprensión de las posibles relaciones entre variables y el significado de ésto en el contexto del estudio parece presentar un mayor desafío para este grupo de estudiantes que para los de LN. Finalmente, en relación a los elementos C5 y D1+D2, observamos una marcada tendencia del alumnado a no hacer uso de los mismos, situando en la categoría “Nulo” al 87% y 77% de los grupos respectivamente. En el análisis previo, para los alumnos de licenciatura en nutrición, hemos advertido sobre la falta de adopción de una postura de cuestionamiento sobre el origen de los datos, sin embargo, esta característica resulta mucho más evidente para este grupo de estudiantes. Nuevamente y, en palabras de Gal (2002), tendríamos sobradas evidencias para clasificar a este grupo de estudiantes en la categoría de “*consumidores pasivos de datos*”.

La mirada sobre los componentes de razonamiento, revela un comportamiento dispar con marcado predominio del nivel “Medio” y con escasa identificación de grupos de estudiantes en el nivel “Alto” de nuestra escala, con excepción del elemento M2 que presenta a la gran mayoría de los estudiantes en el nivel más elevado de nuestra escala. Estos resultados ponen en evidencia algunas de las dificultades que experimenta este grupo de estudiantes al momento de poner en perspectiva los resultados de su análisis. Por ejemplo, reflexiones sobre cómo influye el tamaño de la muestra en las conclusiones o si los resultados del estudio son aplicables a la muestra estudiada o a la población (Elemento R5) solo se identificaron de manera adecuada en 2 de los 31 grupos evaluados. Con algunas discrepancias particulares, observamos patrones similares de comportamiento en estas habilidades entre los alumnos de estas dos carreras aquí analizadas y los estudiantes de LN.

**Figura 6.4**

Niveles de expresión de los elementos de conocimiento y de razonamiento inferencial informal identificados en los alumnos de las carreras Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica.



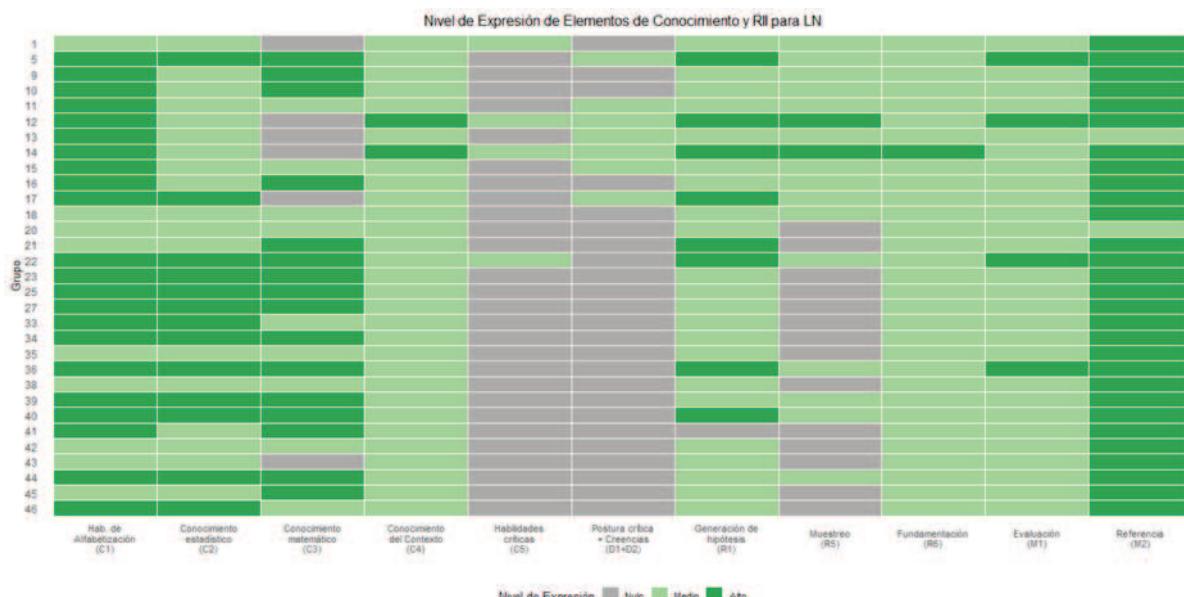
### 6.3.2.2. Identificación de perfiles de estudiantes

En la figura 6.5 presentamos los niveles de expresión de cada elemento evaluado en los grupos analizados.

Seguidamente, utilizamos la información anterior para definir nuestros tres perfiles de estudiantes y cuyo resultado mostramos en la figura 6.6.

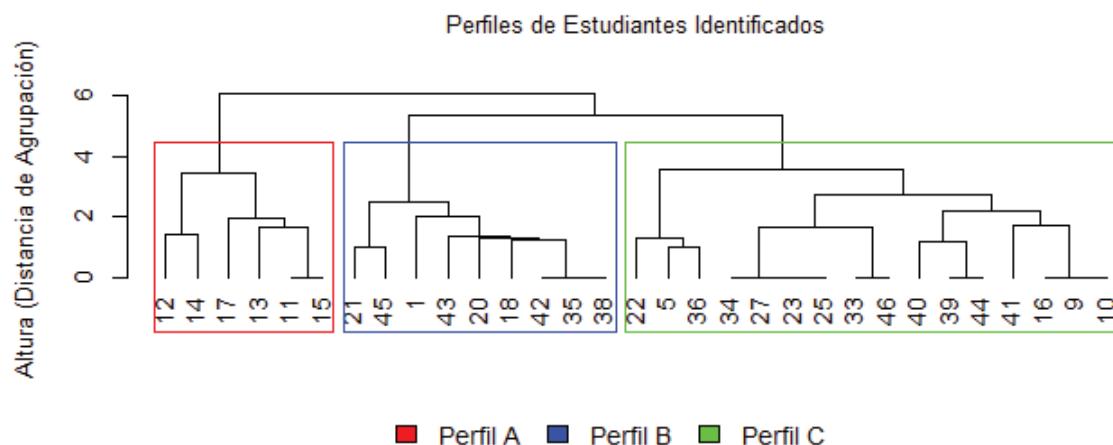
**Figura 6.5**

Niveles de expresión de los elementos de conocimiento y de razonamiento inferencial informal identificados en cada grupo de las carreras de Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica.



**Figura 6.6**

Perfiles de grupos de estudiantes de las carreras licenciatura en Biotecnología y Bioquímica que resolvieron el objetivo 1 del proyecto de manera similar.



El primer perfil de respuestas que identificamos (Perfil A) reúne a los grupos 11, 12, 13, 14, 15 y 17. Entre las generalidades que identifica a este grupo de respuestas podemos decir que los mismos hacen uso de entre 9 y 10 de los 11 elementos y como máximo el 54% de los mismos fueron utilizados de manera correcta y contextualizada. Sin embargo, se observa un marcado contraste entre las expresiones de los componentes de conocimiento y razonamiento.

En relación a las evaluaciones de conocimiento base, se destaca que los 6 grupos han utilizado el elemento C1 de manera correcta, denotando una buena integración de las habilidades asociadas a la lectura, creación e interpretación de gráficos, tablas o resúmenes numéricos. Sin embargo, se identifican ciertas debilidades al momento de activar procesos cognitivos vinculados a las componentes C2, C3, C4 y C5. En este sentido, el 66% de los grupos no ha mostrado evidencia de utilización de C3 (Conocimiento Matemático) y C5 (Habilidades Críticas). Si bien ya habíamos detectado (en el análisis de LN) un grupo de alumnos con problemas en C3, aquí esta diferencia se vuelve mucho más evidente, pero a diferencia del anterior análisis a este grupo de respuestas se le agrega una débil expresión del elemento C5 junto con moderada expresión de C2 y C4. Estos resultados muestran lo que pareciera ser un problema recurrente en nuestras unidades de análisis, es decir, falta de integración con el contexto e incapacidad para cuestionar la información presentada. Sin embargo, y en contraste con los estudiantes asociados a un perfil similar (Perfil C para LN) observamos en este grupo señales que evidencian un incremento en estas debilidades.

Por otro lado, al observar los componentes de razonamiento, notamos una dicotomía respecto del análisis precedente. En este sentido se puede notar que todas las componentes cognitivas aparecen en los niveles medio y alto, destacando al grupo 14 que utiliza correctamente 4 de las 5 componentes. Estos resultados, aparentemente contradictorios, podrían asociarse a un perfil de estudiantes aún no descubierto en nuestro estudio, los cuales, a pesar de no presentar un sólido manejo en el campo de habilidades estadísticas básicas resultan especialmente hábiles para razonar, conjeturar y generalizar. Probablemente, el análisis de una de las producciones prototípicas de este perfil nos brinde más información al respecto.

### 6.3.2.3. Análisis de una justificación del “Perfil A” de estudiantes.

La respuesta seleccionada para su análisis es la que corresponde al grupo 13, la cual se muestra en el cuadro 6.4.

Como se puede observar en la respuesta de los estudiantes, evidenciamos la expresión de casi la totalidad de los indicadores que analizamos para el elemento C1, razón por la cual lo calificamos con su máxima puntuación. Expresiones como “*mayor tendencia*”, junto con la mención a SM y la idea de “*precauciones/atención*” dan cuenta de la interpretación de la información contenida en los datos, que la transnumeran para obtener gráficos de sectores que, aunque confunden el foco del análisis, interpretan de manera correcta según sus resultados.

Se observa también un leve intento de utilización de los elementos C2 y C4 al identificar las variables del estudio e intentar poner la situación en contexto, evidenciado con expresiones como “*mayor tendencia en hombres*”. Por el contrario, no se identifican elementos relacionados con las componentes C3 y C5.

Al evaluar los componentes de razonamiento observamos una clara evidencia del uso del elemento R1 y R6 que se identifican por medio de expresiones como “*mayor tendencia*” y “*se aconseja..*”, en las cuales la “*tendencia*” seguida de la recomendación pueden interpretarse como una generalización del hallazgo observado. El reconocimiento de la diferencia, el uso de calificativos como “*notable*” y las referencias a las variables sexo, SM son indicadores de uso del los elementos moderadores del razonamiento M1 y M2.

Tal como habíamos anticipado, asociamos este perfil de estudiantes a características relacionadas con un bajo conocimiento base pero un relativamente buen manejo de elementos cognitivos de orden superior, lo cual le atribuye a este conglomerado de estudiantes una aceptable capacidad de contextualización, comparación y generalización. Sin embargo, al considerar lo acotado del análisis presentado por los estudiantes, se podría suponer que dichos elementos cognitivos pueden ser integrados en análisis con un escaso nivel de complejidad pero, por el contrario, no podrían ser evidenciados en comparaciones o generalizaciones más complejas que involucren, por ejemplo, la comparación de la variación, la forma o la asimetría de dos distribuciones.

#### Cuadro 6.4

#### Respuestas del grupo 13

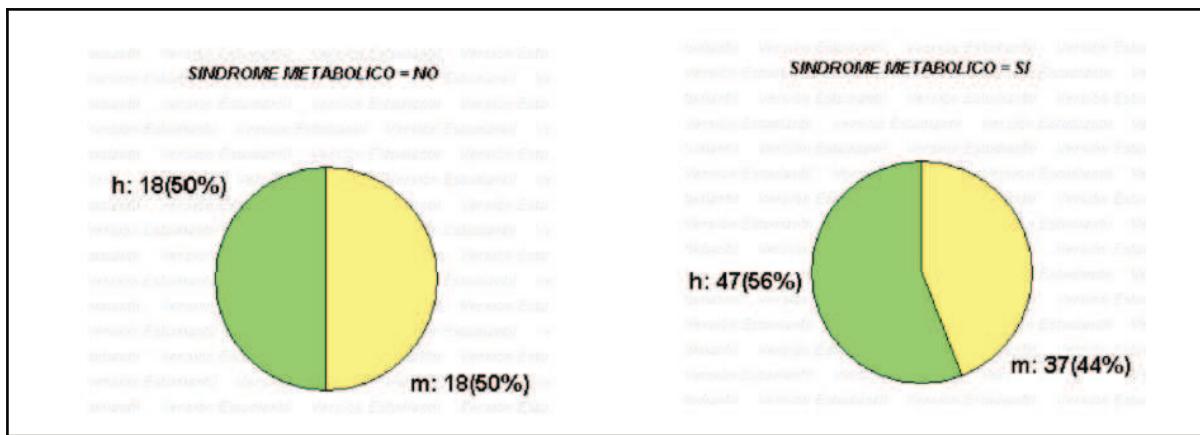
##### Para el tema: Estadística descriptiva

1) Describir la situación del SM según el sexo del individuo.

Síndrome Metabólico(SM): Variable cualitativa nominal (dicotómica)

Sexo del individuo: Variable cualitativa nominal (dicotómica)

Es notable que los hombres tienen una mayor tendencia a tener Síndrome Metabólico que las mujeres. Por este motivo, se aconseja que, aunque ambos sexos deben de tener las mismas precauciones, se preste especial atención al tema por parte del género masculino.



#### 6.3.2.4. Errores o dificultades identificados en el “Perfil A” de estudiantes

En cuanto a las dificultades observadas en este grupo de estudiantes, advertimos una marcada similitud con las detectadas en su perfil homólogo pero para los estudiantes de la Licenciatura en Nutrición. Entre ellas se destacan, por ejemplo, la tendencia a realizar comparaciones basadas únicamente en frecuencias absolutas, así como la inversión en el orden de las variables. Si bien en algunos casos estos errores no impidieron alcanzar interpretaciones correctas, ponen en evidencia alguna limitación al momento de realizar representaciones gráficas de la información de partida.

#### 6.3.2.5. Análisis de una justificación del “Perfil B” de estudiantes.

El segundo perfil identificado, denominado "Perfil B", está conformado por los grupos 1, 18, 20, 21, 35, 36, 38, 42, 43 y 45. Este conjunto de estudiantes se caracteriza por activar entre 7 y 9 de los 11 elementos evaluados, aunque la mayoría lo hace correctamente en una máxima de 3 componentes, a excepción del grupo 36, que mostró un uso adecuado en 6 elementos.

En cuanto a los elementos de conocimiento, predominan las expresiones en nivel medio, sin evidencias de activación de los elementos C5 (Habilidades críticas) ni D1+D2 (Postura crítica y creencias), cuyas implicancias ya fueron discutidas en apartados anteriores.

Un patrón similar se observa en los elementos de razonamiento, con mayoría de respuestas clasificadas en el nivel medio, a excepción del elemento moderador M2 (Referencia), que fue correctamente utilizado por casi todos los estudiantes. Por otro lado, el elemento R5 (Muestreo) no fue identificado en la mayoría de los grupos.

Este conglomerado presenta similitudes con el último perfil analizado en estudiantes de la carrera de LN, y parece representar a estudiantes capaces de resolver tareas con cierta competencia, pero desde un enfoque superficial. Si bien activan un número considerable de elementos, su ejecución muestra carencias de profundidad conceptual, lo cual sugiere una resolución mecánica o incompleta, basada en seguir pasos sin una comprensión profunda.

La ausencia de componentes asociados a la activación de una postura crítica (C5, D1+D2) y el desconocimiento del razonamiento muestral (R5) refuerzan la idea de estudiantes que aceptan la información sin cuestionarla, actuando más como receptores pasivos que como pensadores críticos.

Desde nuestra perspectiva, este perfil se ajusta al que podría esperarse de una enseñanza centrada en lo procedimental, que prioriza el cálculo y la aplicación de algoritmos por sobre

la mirada conceptual, es decir, estos estudiantes podrían concebir a la estadística desde una perspectiva determinística, muy asociada a la matemática, sin capacidad para considerar el contexto en el cual se encuentra inmerso el estudio, tal como lo indican Batanero et al (2013).

Estos resultados parecen ser justamente opuestos a los objetivos que persigue la metodología de enseñanza que proponemos en este estudio. Sin embargo, no debemos olvidar que este objetivo es la primera aproximación de los estudiantes al análisis de datos, por los cuales se encuentran transitando la fase inicial de un proceso de aprendizaje. Es por esto que resulta razonable suponer que en las primeras fases de la instrucción los estudiantes muestren, en primer lugar, un dominio procedimental para luego, conforme continúe la instrucción, avanzar hacia formas de razonamiento más abstractas e integradas. El análisis de los siguientes objetivos nos proveerá valiosa información en este sentido.

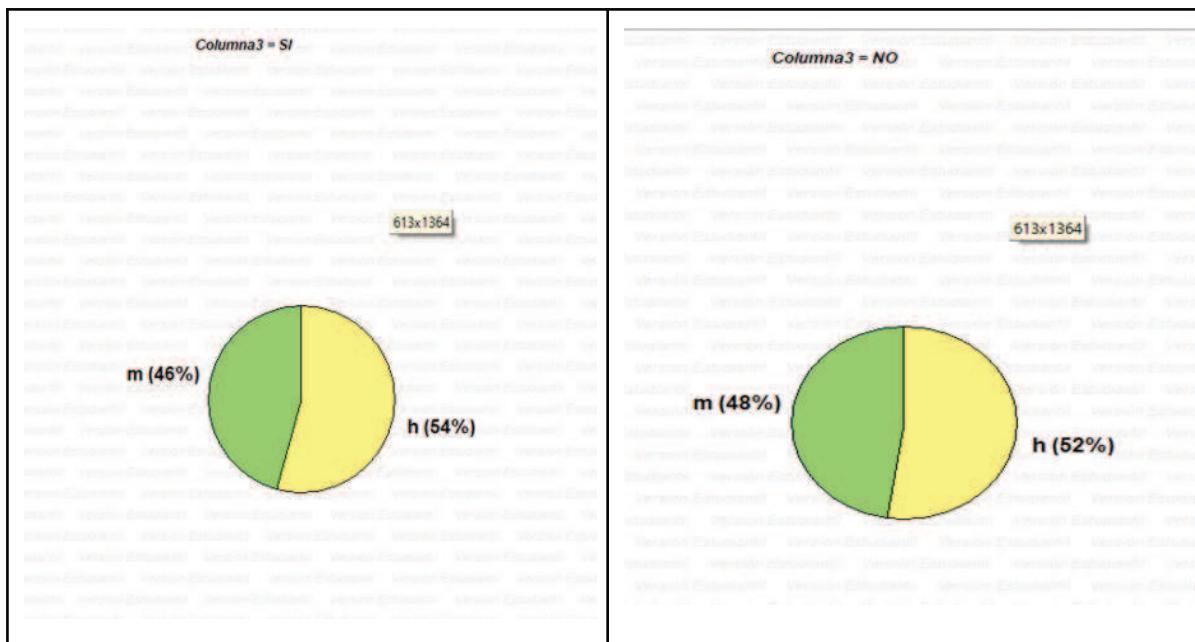
Resultados similares a los observados en este perfil de estudiantes fueron reportados por Serrano Enciso et al. (2021). En su estudio, realizado con una muestra de 18 estudiantes de licenciatura en Matemática que contaban únicamente con conocimientos básicos de estadística, se identificó un desempeño relativamente bajo en habilidades tanto de alfabetización como de razonamiento estadístico. A partir de estos hallazgos, los autores proponen la implementación de estrategias de enseñanza que integren los conocimientos estadísticos, matemáticos y contextuales, junto con el desarrollo de una actitud crítica orientada a la evaluación y análisis de la información estadística.

Para ilustrar una respuesta característica de este perfil seleccionamos la producción del grupo 18 (Cuadro 6.5).

#### Cuadro 6.5

##### Respuestas del grupo 18

| Discusión y conclusión  |                     |       |            |    |      |      |          |       |            |    |    |   |                     |   |    |    |      |   |                     |   |    |    |      |
|---|---------------------|-------|------------|----|------|------|----------|-------|------------|----|----|---|---------------------|---|----|----|------|---|---------------------|---|----|----|------|
| 1- Se puede observar desde las gráficas o desde las tablas que, a raíz de la cantidad de gente que se estudió y dependiendo del sexo se concluyó lo siguiente:<br>En el caso de las mujeres, un 46% de ellas contadas con SM, mientras que el 54% restante son hombres.   |                     |       |            |    |      |      |          |       |            |    |    |   |                     |   |    |    |      |   |                     |   |    |    |      |
| <table><thead><tr><th>sexo</th><th>Variable</th><th>Clase</th><th>Categorías</th><th>FA</th><th>FR</th></tr></thead><tbody><tr><td>h</td><td>SINDROME METABOLICO</td><td>1</td><td>NO</td><td>18</td><td>0,28</td></tr><tr><td>h</td><td>SINDROME METABOLICO</td><td>2</td><td>SI</td><td>47</td><td>0,72</td></tr></tbody></table> |                     |       |            |    |      | sexo | Variable | Clase | Categorías | FA | FR | h | SINDROME METABOLICO | 1 | NO | 18 | 0,28 | h | SINDROME METABOLICO | 2 | SI | 47 | 0,72 |
| sexo  | Variable            | Clase | Categorías | FA | FR   |      |          |       |            |    |    |   |                     |   |    |    |      |   |                     |   |    |    |      |
| h   | SINDROME METABOLICO | 1     | NO         | 18 | 0,28 |      |          |       |            |    |    |   |                     |   |    |    |      |   |                     |   |    |    |      |
| h   | SINDROME METABOLICO | 2     | SI         | 47 | 0,72 |      |          |       |            |    |    |   |                     |   |    |    |      |   |                     |   |    |    |      |
| <table><thead><tr><th>sexo</th><th>Variable</th><th>Clase</th><th>Categorías</th><th>FA</th><th>FR</th></tr></thead><tbody><tr><td>m</td><td>SINDROME METABOLICO</td><td>1</td><td>NO</td><td>18</td><td>0,33</td></tr><tr><td>m</td><td>SINDROME METABOLICO</td><td>2</td><td>SI</td><td>37</td><td>0,67</td></tr></tbody></table> |                     |       |            |    |      | sexo | Variable | Clase | Categorías | FA | FR | m | SINDROME METABOLICO | 1 | NO | 18 | 0,33 | m | SINDROME METABOLICO | 2 | SI | 37 | 0,67 |
| sexo  | Variable            | Clase | Categorías | FA | FR   |      |          |       |            |    |    |   |                     |   |    |    |      |   |                     |   |    |    |      |
| m   | SINDROME METABOLICO | 1     | NO         | 18 | 0,33 |      |          |       |            |    |    |   |                     |   |    |    |      |   |                     |   |    |    |      |
| m   | SINDROME METABOLICO | 2     | SI         | 37 | 0,67 |      |          |       |            |    |    |   |                     |   |    |    |      |   |                     |   |    |    |      |



En la justificación de los estudiantes podemos observar evidencias del uso de los elementos C1, C2 y C3. La conclusión a la que arriban se desprende de la interpretación de la tabla y los gráficos que presentan. Sin embargo, en su argumentación surgen algunas confusiones de interpretación, por ejemplo, confunden el objetivo del análisis al indicar el porcentaje de mujeres que presentan SM pero dentro del grupo de individuos que presentan SM “un 46% de ellas contaba con SM”. Además presentan una tabla, la cual muestra resultados acordes a lo solicitado en el objetivo, pero no se observan indicios de que hagan uso de la misma, solo la nombran. Respecto al elemento C4 se observa un intento por identificar una posible relación entre las variables que analiza (SM vs Sexo) pero basados en una concepción errónea del problema, por esta razón identificamos el elemento en su nivel “Medio” de expresión.

Para los elementos de razonamiento se identifican algunos indicadores que dan cuenta, por ejemplo, del uso de R1 que se evidencia en la expresión “mientras que” en un intento por realizar una comparación. La frase “gente que se estudió” puede ser interpretado como un reconocimiento a que se trabajó con una muestra, sin embargo no expresan las implicancias de la misma en la concepción de los resultados que informan. En cuanto a los elementos moderadores M1 y M2, se evidencian en el intento por describir una diferencia entre el sexo, sin embargo no aportan indicadores que den cuenta de la evaluación de la fuerza de la misma ni utilizan calificativos para describirla, características de razonamiento asociadas a M1. Por el contrario, al referirse a “hombres”, “mujeres”, “SM” son claros indicadores del uso de Referencia (M2).

#### 6.3.2.6. Errores o dificultades identificados en el “Perfil B” de estudiantes

El análisis cualitativo de las producciones nos permitió identificar los errores conceptuales observados con mayor frecuencia en las producciones de este perfil. Para una mejor organización los agrupamos en tres categorías:

1. *Confusión en el cálculo de la prevalencia:* es el error más significativo, detectado en los grupos 20, 21 y 35 y surge de una incorrecta interpretación del objetivo del análisis. En lugar de calcular la prevalencia del SM dentro del grupo “sexo” ( $P(SM|Sexo)$ ), calcularon la distribución por sexo dentro del grupo de individuos que

padecían SM ( $P(\text{Sexo}|\text{SM})$ ), inversión del condicionante. Esto los condujo a reportar resultados incorrectos (56% vs 44%) en lugar de (72% vs 67%).

2. *Conclusiones basadas en frecuencias absolutas:* otro error recurrente fue la tendencia a extraer conclusiones sobre proporciones basándose únicamente en frecuencias absolutas, sin tener en cuenta los tamaños relativos de cada grupo. Los grupos 1, 21, 38 y 43 concluyeron, al observar un número idéntico de individuos sin SM en ambos sexos (18 hombres y 18 mujeres) que la “proporción” o “probabilidad” de no padecer SM era la misma, sin tener en cuenta que los totales por grupos eran diferentes (65 vs 55).
3. *Inconsistencias numéricas y falta de evidencia:* esta tercera categoría de errores se asocia a la presentación de conclusiones sin soporte numérico. Por ejemplo, el grupo 1 presentó errores numéricos de transcripción de resultados que contradecían sus propias conclusiones. Por otro lado, los grupos 38, 42 y 43 aunque llegaron a conclusiones cualitativamente correctas omitieron presentar los porcentajes de prevalencia que daban crédito a sus afirmaciones, dando como resultado una descripción incompleta que dificultaba la evaluación de su proceso de razonamiento.

Errores conceptuales como los identificados previamente fueron descritos por Estrada & Batanero (2007) en un trabajo con estudiantes de profesorado, donde analizaron dificultades en el cálculo de probabilidades condicionales. Entre los errores más frecuentes señalaron la confusión entre la probabilidad condicional y su inversa ( $P(A|B)$  por  $P(B|A)$ ), conocida como falacia de la condicional transpuesta, lo cual se refleja en nuestro caso en el uso incorrecto de  $P(\text{Sexo}|\text{SM})$  en lugar de  $P(\text{SM}|\text{Sexo})$ . Asimismo, las autoras observaron también un grupo de estudiantes con tendencia a utilizar frecuencias absolutas para realizar comparaciones sin considerar los tamaños relativos de los grupos, error que también fue recurrente en nuestras producciones.

Finalmente, el tercer perfil que identificamos en estos estudiantes involucra a los grupos 5, 9, 10, 16, 22, 23, 25, 27, 33, 34, 36, 39, 40, 41, 44 y 46.

Este numeroso conglomerado de estudiantes se caracteriza por un desempeño general heterogéneo, evidenciado por la activación de un número considerable de los elementos evaluados, aunque con patrones de expresión variables que permiten identificar fortalezas bien definidas y debilidades persistentes.

En términos de conocimiento, se destaca un buen dominio de los aspectos procedimentales y técnicos. La mayoría de los grupos alcanzó el nivel máximo de expresión en los elementos relacionados con las habilidades de alfabetización estadística (C1), el conocimiento estadístico (C2) y el conocimiento matemático (C3). Estos resultados sugieren que los estudiantes son capaces de manejar adecuadamente la lectura e interpretación de datos, el uso de medidas estadísticas básicas y los cálculos necesarios para resolver el problema propuesto.

En contraste, se observaron debilidades en componentes más interpretativos y críticos. El elemento conocimiento del contexto (C4) presentó niveles de expresión más bajos, lo que indica dificultades para vincular los resultados estadísticos con el problema real. Además, prácticamente no se registró la activación de los elementos C5 (habilidades críticas) y D1+D2 (postura crítica y creencias), lo que sugiere que los estudiantes no lograron adoptar una mirada reflexiva ni cuestionar la validez o implicancias de la información generada.

En cuanto a la dimensión de razonamiento, el patrón general se ubicó en el nivel medio de expresión, sin alcanzar niveles altos en la mayoría de los casos. No obstante, algunos

grupos demostraron un uso adecuado de R1 (generación de hipótesis) y M1 (evaluación), lo cual indica ciertos avances en la capacidad de formular interpretaciones preliminares y valorar los resultados obtenidos, aunque aún de manera esporádica.

### 6.3.2.7. Análisis de una justificación del “Perfil C” de estudiantes

Para intentar caracterizar las resoluciones de este perfil, analizaremos a continuación las respuestas al objetivo 1 proporcionadas por el grupo 22 que presentamos en el cuadro 6.6.

**Cuadro 6.6**

*Respuestas del grupo 22*

| <i>Frecuencias absolutas</i>            |           |           |            | <i>Frecuencias relativas al total (expresadas como porcentajes)</i> |              |              |               |
|---|-----------|-----------|------------|---|--------------|--------------|---------------|
| <i>En columnas: SINDROME METABOLICO</i> |           |           |            | <i>En columnas: SINDROME METABOLICO</i>                             |              |              |               |
| sexo                                    | NO        | SI        | Total      | sexo  | NO           | SI           | Total         |
| h                                       | 18        | 47        | 65         | h   | 15,00        | 39,17        | 54,17         |
| m                                       | 18        | 37        | 55         | m   | 15,00        | 30,83        | 45,83         |
| <u>Total</u>                            | <u>36</u> | <u>84</u> | <u>120</u> | <u>Total</u>  | <u>30,00</u> | <u>70,00</u> | <u>100,00</u> |

Las tablas nos proporcionan la información de que 18 personas del sexo masculino del total de individuos (120) que equivalen al 15% NO padecen del SINDROME METABOLICO y 47 personas del sexo masculino del total de individuos (39,17%) SI padecen del SINDROME METABOLICO.

Las tablas nos proporcionan la información de que 18 personas del sexo femenino del total de individuos (120) que equivalen al 15% NO padecen del SINDROME METABOLICO y 37 personas del sexo femenino del total de individuos (30,83%) SI padecen del SINDROME METABOLICO.

Podemos concluir a partir de la información obtenida que el síndrome metabólico es independiente del sexo ya que en ambos casos se presenta y con una frecuencia similar.

También se puede deducir que el 70% de la muestra (120 personas) presentan el síndrome metabólico. Por lo que si la muestra fue elegida al azar, el 70% de la población de estudio (200 personas que participaron en el estudio) va a tender a tener el síndrome metabólico (esto no se puede confirmar pero va a rondar este valor)

Para el análisis de los resultados, los alumnos de este grupo presentan dos tablas de contingencia, una en frecuencias absolutas y la otra en frecuencias relativas pero calculadas sobre el total de casos analizados.

En su justificación podemos identificar la activación de los elemento de conocimiento C1, C2 y C3 que se evidencian a partir de las lecturas de las tablas, comprensión del contexto del estudio SM y sexo y las comparaciones y las expresiones que intentan realizar valoraciones entre los grupos “frecuencia similar”. Sin embargo, notamos algunas afirmaciones que se contradicen al objetivo propuesto. En primer lugar, mencionan los porcentajes de individuos que padecen y no padecen SN en cada sexo pero lo hacen sobre el total de individuos que conforman la muestra y lo aclaran “..del total de individuos..”, a pesar de realizar una lectura interpretación y contextualización correcta de sus resultados, denotan una concepción equivocada del objetivo. Por otro lado, la afirmación “el síndrome metabólico es independiente del sexo..” también resulta cuestionable dado que fundamentan su afirmación a partir del cálculo de porcentajes calculados a partir de los totales generales y proponen una aproximación muy grosera para justificar su argumentación: que 39,17% es similar a 30,83%.

Para los elementos de razonamiento, destacamos expresiones como “el síndrome metabólico es independiente del sexo ya que... con una frecuencia similar..” o “el 70% de la población de estudio... va a tender a tener el síndrome metabólico” que si bien son

incorrectas nos denotan intentos de generalización de los resultados y los hemos asociado al elemento R1. Otro aspecto a destacar de esta producción es la activación de R5, expresiones como: "si la muestra fue elegida al azar...", "va a tender a tener...", "(esto no se puede confirmar pero va a rondar este valor)" nos indican un reconocimiento de la inferencia, la variabilidad muestral y la importancia de la selección aleatoria.

Para finalizar el análisis de esta sección realizaremos la descripción de los errores más frecuentes observados en las producciones de este perfil.

#### 6.3.2.8. Errores o dificultades identificados en el “Perfil C” de estudiantes

Como los errores que venimos observando presentan un patrón recurrente, en este apartado intentaremos reflejar sólo aquellos que nos parecieron más interesantes o que se apartan de los que hemos descrito previamente.

El grupo 33 llega a una conclusión cualitativa correcta pero omite informar los porcentajes que dan sustento a esta afirmación, el grupo 44 justifica su conclusión basándose en un (72%) que no se correspondía con el cálculo realizado (56%)

#### 6.3.2.9. Análisis de las relaciones entre los elementos de conocimiento y de razonamiento.

A partir del análisis de los perfiles identificados en los estudiantes de las carreras de Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica, se observa una interacción clara entre los elementos de conocimiento y los componentes del razonamiento estadístico informal. Estos vínculos permiten comprender cómo las fortalezas y debilidades en determinados tipos de conocimiento influyen directamente en el tipo de razonamiento desplegado por los estudiantes.

En primer lugar, se destaca que el dominio de habilidades de alfabetización (C1) favorece la generación de hipótesis (R1). No obstante, cuando estas habilidades no se complementan con un adecuado conocimiento estadístico (C2), las hipótesis tienden a carecer de sustento conceptual o conexión con el proceso muestral (R5).

Por otro lado, la escasa activación del conocimiento del contexto (C4) limita la capacidad de los estudiantes para fundamentar adecuadamente sus conclusiones (R6), evidenciando una falta de integración entre los resultados numéricos y su interpretación contextual. A su vez, la ausencia de habilidades críticas (C5) repercute negativamente tanto en la generación de hipótesis como en el razonamiento muestral, dificultando una evaluación reflexiva sobre la validez y aplicabilidad de los resultados.

### 6.4. Análisis de los elementos observados para el objetivo 2

En esta sección analizaremos cómo resolvieron los grupos de estudiantes el segundo objetivo específico del proyecto (Ver sección 5.3.2). Antes de comenzar con nuestro análisis realizaremos una breve reseña de los principales contenidos que esperábamos encontrar en las producciones.

En la respuesta “óptima” para el segundo objetivo, ya habíamos anticipado los posibles caminos que podrían emprender los estudiantes al momento de resolver este objetivo. En este sentido, esperamos que los estudiantes identifiquen y comparan la distribución de la Presión Arterial Sistólica (PAS) entre los grupos con y sin Síndrome Metabólico (SM). El análisis debía comenzar con la correcta identificación y clasificación de las variables

implicadas: PAS como cuantitativa continua y SM como cualitativa dicotómica, lo que justificaría el uso de, por ejemplo, gráficos de caja comparativos.

En la respuesta que propusimos contemplamos que el análisis descriptivo fuera más allá de la simple comparación de medias. Consideramos adecuado que los estudiantes identificaran y compararan los rangos de PAS, los valores atípicos en ambos grupos, y las medidas de tendencia central, destacando que el 50% de los sujetos con SM presentaban una PAS superior (hasta 144,5 mmHg) en comparación con los sujetos sin SM (hasta 131,0 mmHg).

Además, se esperaba una interpretación de la dispersión y la forma de las distribuciones, reconociendo la mayor variabilidad en el grupo con SM y la leve asimetría de sus datos. Un punto importante del análisis era la evaluación del solapamiento entre las cajas, interpretando la superposición parcial como una evidencia visual de la posible diferencia entre los grupos, pero también de la existencia de individuos con características compartidas. Esto guarda relación con elementos de conocimiento base y razonamiento, ya que permite, aunque sea de manera informal, separar el ruido (los casos raros) de la señal (la tendencia o regularidad que se da en la mayoría).

Finalmente, se esperaba que la conclusión trascendiera la mera descripción. Una respuesta completa debía formular una conjetura fundamentada, sugiriendo que las personas con SM tienden a presentar valores de PAS más elevados. Esta conjetura podía ser contextualizada, vinculando la PAS elevada con otros factores de riesgo del SM, y reconocer la necesidad de un análisis inferencial para confirmar si las diferencias observadas eran estadísticamente significativas.

## 6.4.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Nutrición

### 6.4.1.1. Generalidades del desempeño

En la figura 6.7 se pueden observar las frecuencias con las que se expresaron los diferentes elementos considerados.

El análisis de la distribución de los niveles de expresión para el Objetivo 2 muestra un patrón de desempeño marcadamente dispar. Por un lado, se identifica que un elevado porcentaje de los grupos presentó un excelente desempeño en habilidades de conocimiento base asociados con la interpretación de gráfico y tablas y con el conocimiento de los conceptos estadísticos (C1 y C2), mientras que, destacamos una ausencia casi total de activación en los componentes que demandan un mirada crítica y contextualizada (C5 y D1+D2).

Particularmente, los elementos Habilidad de Alfabetización (C1) y Referencia (M2) alcanzan un 100% de expresiones en su nivel "Alto". El Conocimiento Estadístico (C2) y la Generación de Hipótesis (R1) también muestran un desempeño marcado por el nivel alto de expresión, con un 86% y un 90% respectivamente.

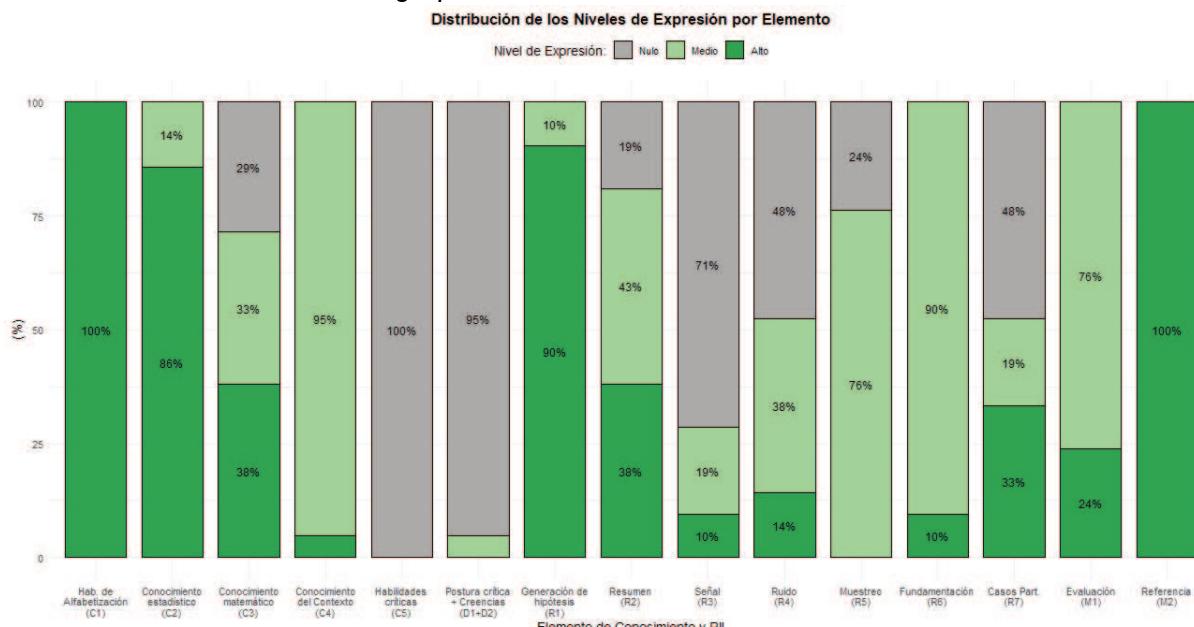
En el extremo opuesto, observamos una falta de expresión casi total en elementos como Habilidades Críticas (C5) y la Postura Crítica + Creencias (D1+D2) registran niveles "Nulos" del 100% y 95% respectivamente.

En relación a las componentes del razonamiento, se evidencia un desempeño marcado por los niveles medios y altos de expresión pero con algunas particularidades. La

Fundamentación (R6) se concentra mayoritariamente en el nivel "Medio" (90%). Por su parte, el Ruido (R4) y los Casos Particulares (R7), asociados a la comprensión de la variabilidad y los valores atípicos, presentan una alta proporción de alumnos que no han expresado su utilización (48% en ambos).

**Figura 6.7:**

Niveles de expresión de los elementos de conocimiento y de razonamiento inferencial informal identificados en cada grupo de la carrera licenciatura en nutrición



Por otro lado, al contrastar el desempeño del presente objetivo con el mismo grupo de estudiantes pero para las resoluciones del Objetivo 1, notamos una reconfiguración en algunos de los patrones observados. Esta reconfiguración no es uniforme, sino que muestra una dinámica de consolidación en ciertas expresiones y de repliegue en otras.

El contraste más relevante reside en el comportamiento dual de algunos elementos. Por un lado, se produce un aumento significativo en la expresión de nivel "Alto" para habilidades técnicas básicas (C1 y C2), sugiriendo una consolidación de las mismas y esto, a su vez, pareciera actuar como un facilitador para la Generación de Hipótesis (R1), cuya expresión en nivel "Alto" aumentó del 20% al 90%. Una posible explicación para este resultado podría estar vinculada al papel que desempeñan los boxplots como herramientas visuales que facilitan el razonamiento comparativo. En esta línea, Pfannkuch (2006) sostiene que la estructura del diagrama de caja guía de forma intuitiva el razonamiento del observador para establecer comparaciones y construir inferencias preliminares. De manera complementaria, Almeida et al. (2021) destacan el valor de estos gráficos como puentes cognitivos que, mediante el proceso de transnumeración, permiten a los estudiantes acceder a una comprensión más clara de la variabilidad y de las diferencias entre grupos. En este marco, resulta plausible considerar que la visualización comparativa de los boxplots haya incentivado la identificación de patrones y promovido la elaboración de generalizaciones por parte de los estudiantes.

Sin embargo, esta aparente mejora contrasta con una disminución en la activación de otros elementos como por ejemplo, C4 y C5 donde para este último no se evidenció su utilización. Esto podría deberse a que al enfrentarse a una tarea analítica más compleja, los estudiantes podrían haber optado por centrar sus recursos exclusivamente en los aspectos

técnicos y procedimentales del análisis (transnumerar, leer el gráfico, identificar tendencias), dejando de lado la reflexión contextual y el cuestionamiento de la evidencia, habilidades que sí habían manifestado en la tarea anterior.

Finalmente, la aparición de dificultades en la utilización de los elementos Señal (R3), Ruido (R4) y Casos Particulares (R7) sugieren la presencia de algunas dificultades al momento de realizar comparaciones entre los diagramas, analizar la variabilidad de las distribuciones y la identificación de los valores atípicos.

#### 6.4.1.2. Identificación de perfiles de estudiantes

Al igual que en el análisis realizado para el primer objetivo, esta sección se organiza en dos momentos complementarios. En primer lugar, presentamos el resultado de la evaluación del objetivo en cada grupo (Figura 6.8) y seguidamente, la identificación de perfiles a partir de la similitud en los patrones observados en nuestra evaluación (Figura 6.9). En segundo lugar, se realiza la caracterización detallada de los tres perfiles identificados, acompañada por el análisis de una producción representativa en cada caso, que ilustra el patrón de respuesta característico del perfil, para finalizar resumiremos los errores más frecuentemente observados en cada perfil de estudiantes.

Con el fin de evitar redundancias respecto del análisis anterior, el enfoque de esta sección se centrará en las generalidades distintivas de cada perfil y, especialmente, en los elementos diferenciales que no fueron abordados previamente: Resumen (R2), Señal (R3), Ruido (R4) y Casos Particulares (R7).

Comenzaremos nuestro análisis con los estudiantes que constituyen los grupos 16, 17 y 18. Este perfil se caracteriza por haber mostrado expresión de entre 10 y 11 de las 15 componentes analizadas. Además, observamos que los 3 grupos del conglomerado han utilizado de manera correcta los elementos C1, C2, R1, R7 y M2. Sin embargo, no se observó la expresión de los elementos C3, C5 y D1+D2.

Los elementos Resumen (R2), Señal (R3), Ruido (R4) presentaron un comportamiento dispar con alternancia entre expresiones medias y nulas.

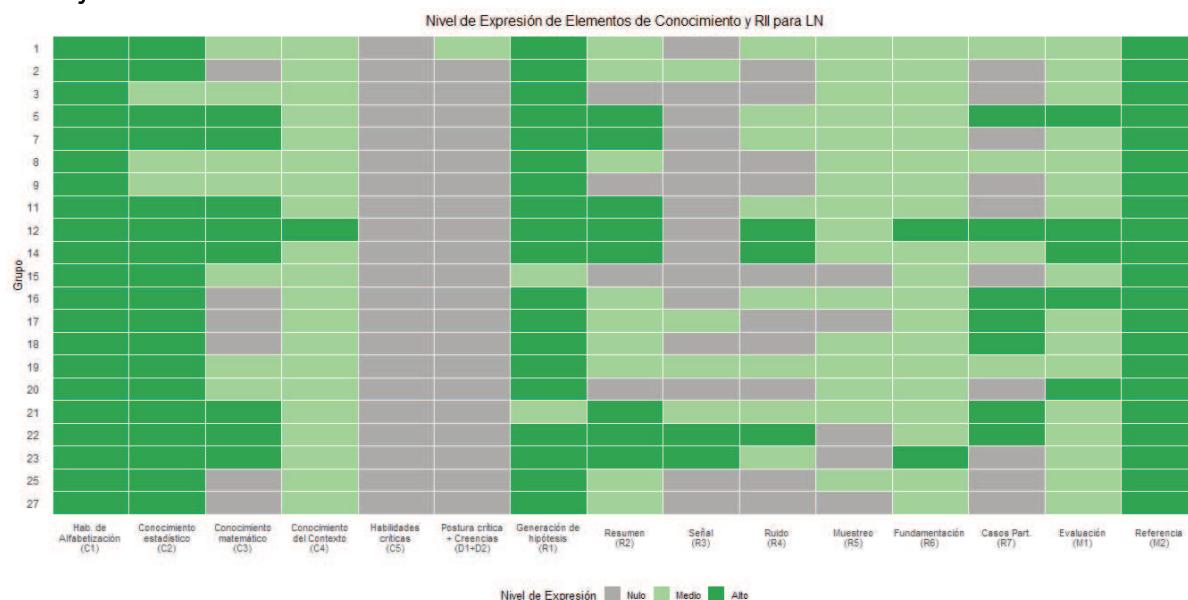
El perfil de desempeño de este subgrupo de estudiantes muestra un patrón de razonamiento distintivo caracterizado por ser especialmente eficientes al momento de comparar distribuciones y establecer generalizaciones (R1). Se destacan también, por mostrar excelentes rendimientos en los componentes de alfabetización estadística básica (C1, C2).

Sin embargo, su principal debilidad reside en la ausencia de pensamiento crítico (C5 y D1+D2). Aunque formulan hipótesis, no aportan una mirada reflexiva sobre ellas, no cuestionan la evidencia, no evalúan la calidad de los datos ni consideran interpretaciones alternativas. Esta ausencia de reflexión se complementa con una deficiente comprensión de la variabilidad y el muestreo (R3, R4, R5), lo cual podría ser un impedimento al evaluar la incertidumbre inherente a sus conclusiones.

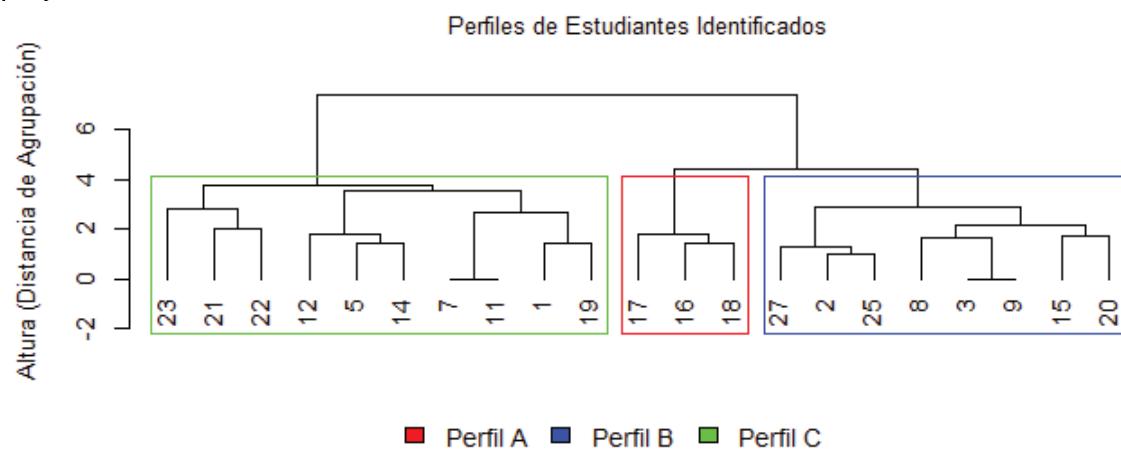
Este patrón sugiere una posible influencia de una instrucción centrada en procesos lineales, donde los estudiantes aprenden a "encontrar una respuesta" pero no a "cuestionar la evidencia". En consecuencia, dominan el inicio y el fin del análisis, pero carecen de las habilidades conceptuales y reflexivas que constituyen el núcleo del razonamiento estadístico.

**Figura 6.8**

Niveles de expresión de los elementos de conocimiento y de razonamiento inferencial informal identificados en cada grupo de la carrera licenciatura en nutrición en la resolución del objetivo 2.

**Figura 6.9**

Perfiles de grupos de estudiantes de la carrera de nutrición que resolvieron el objetivo 2 del proyecto de manera similar.



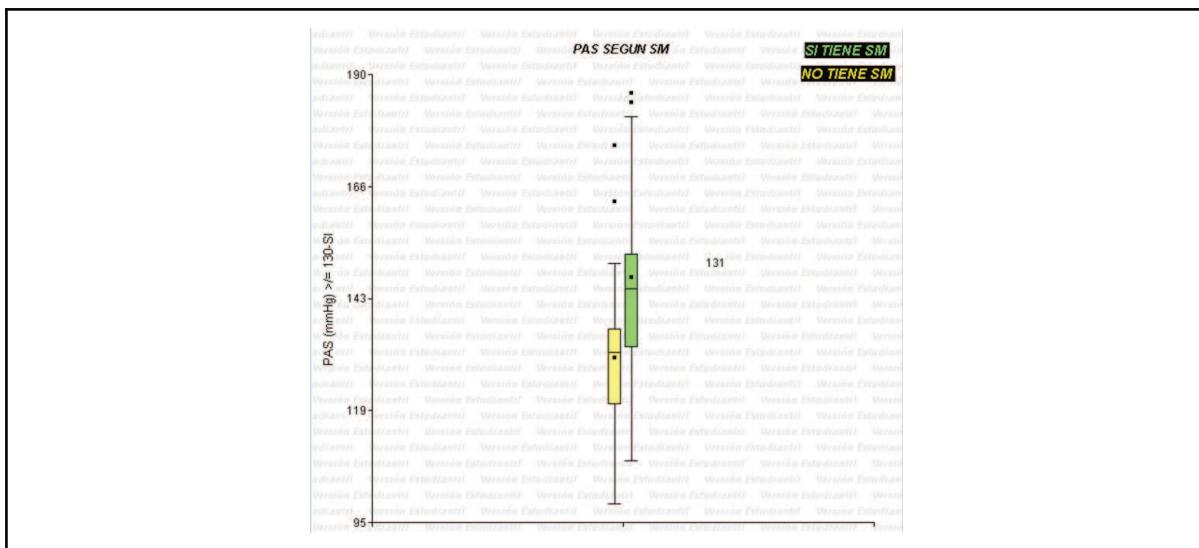
#### 6.4.1.3. Análisis de una justificación del “Perfil A” de estudiantes

Para el análisis de una de las respuestas de este perfil seleccionamos el grupo 17 cuyas argumentaciones presentamos en el cuadro 6.7.

**Cuadro 6.7**

Respuestas del grupo 17

2) Describir el comportamiento de la variable presión arterial sistólica en personas con y sin SM. Las personas que sí tenían síndrome metabólico presentaban una mayor presión arterial sistólica en comparación con aquellas personas que no lo poseían. Además, se visualizó que existían casos excepcionales en donde personas que no presentaban el síndrome tenían alta la PAS, esto se ve ya que en el gráfico se distinguen valores atípicos.



La resolución presentada muestra un desempeño correcto, aunque básico, caracterizado por una justificación general y poco detallada. A pesar de ello, se evidencia la activación de varios elementos de razonamiento. La principal fortaleza radica en la correcta identificación de una tendencia general, al concluir que las personas con síndrome metabólico (SM) presentan una mayor presión arterial sistólica (PAS).

Aunque no se mencionan medidas resumen explícitas, esta afirmación sugiere la activación del elemento R2 (Resumen).

También se reconoce la interpretación de la señal (R3), a partir de la frase "*las personas que no presentaban el síndrome metabólico tenían alta PAS*", que refleja una comprensión parcial del solapamiento entre distribuciones. De manera explícita, se activa el elemento R7 (Casos Particulares) mediante la identificación de valores atípicos observados en el gráfico.

No obstante, el análisis presenta limitaciones importantes. No hay evidencia de consideración de la variabilidad entre grupos (R4) ni se aportan datos cuantitativos que respalden las afirmaciones (medianas, cuartiles, etc.). El razonamiento se mantiene en un plano cualitativo y concluye con una afirmación categórica en lugar de una conjectura, omitiendo toda reflexión sobre la necesidad de análisis inferenciales.

#### 6.4.1.4. Errores o dificultades identificados en el “Perfil A” de estudiantes.

A pesar de no haberse identificado errores conceptuales graves, se observaron ciertas limitaciones que afectan la calidad del análisis. En primer lugar, se advierte un uso marcadamente coloquial del lenguaje para describir los resultados (expresiones como “más altas”, “cambios” o “valores notoriamente elevados”), en lugar de emplear la terminología estadística adecuada que requieren las representaciones elaboradas. La ausencia de términos como *mediana*, *cuartiles*, *rango intercuartílico*, *outliers* o *variabilidad* reduce la precisión y profundidad del análisis.

En la misma línea, se omite el análisis de la dispersión: si bien se mencionan diferencias generales entre grupos, no se consideran aspectos clave como la amplitud de las cajas o el comportamiento de los datos alrededor del centro. Esto limita la capacidad de interpretar adecuadamente la distribución de la variable.

Además, afirmaciones sobre una “mayor presión arterial sistólica”, que expresó el grupo 17, resultan poco precisas, ya que no se especifica si se refieren a la mediana u otro valor representativo, lo que debilita la fundamentación del argumento.

El segundo perfil que analizaremos, perfil B, está integrado por los grupos 2, 3, 8, 9, 15, 20, 25 y 27. En este perfil hemos detectado la expresión de entre 8 y 11 componentes sobre las 15 analizadas, destacando los niveles Nulo y Medio como los característicos del conglomerado. Dentro del conjunto, se destaca un uso adecuado en casi todos los grupos de los elementos C1, C2, R1 y M2.

En contraste, prácticamente no se evidenció activación de los elementos R3, R4 y R7, además de los elementos C5 y D1+D2 que ya hemos descrito previamente.

A pesar del desempeño aceptable que estos estudiantes muestran en componentes básicos como C1 (alfabetización estadística) y C2 (conocimiento estadístico), no se observa la activación de los elementos R3 (señal), R4 (ruido) y R7 (casos particulares), lo cual resulta llamativo dado que estos componentes del razonamiento inferencial informal suelen estar interrelacionados. Esta aparente contradicción podría explicarse en función de las estrategias de resolución adoptadas por los grupos.

En particular, los grupos 3, 9, 20 y 27 presentaron sus análisis mediante histogramas o tablas de frecuencias, evitando el uso de diagramas de caja, lo que pudo dificultar la comparación directa entre distribuciones, necesaria para identificar la señal, así como la percepción visual de la variabilidad o los valores atípicos. De este modo, la representación elegida no favoreció la activación de los elementos R3, R4 y R7. Esto constituye una evidencia de relevancia a la hora de pensar propuestas de enseñanza que propicien la identificación de los resúmenes más apropiados para cada finalidad, en este caso, para la comparación de distribuciones.

Por otro lado, el grupo 8 incorporó un enfoque alternativo, categorizando la variable PAS en función del umbral clínico ( $\geq 130$  mmHg), y centrando su análisis en una variable dicotómica. Si bien este procedimiento muestra iniciativa, posiblemente desvió el foco de análisis del objetivo propuesto, reduciendo la exploración de la variabilidad interna del conjunto de datos y, con ello, la posibilidad de activar elementos clave del razonamiento informal.

En consecuencia, la ausencia de R3, R4 y R7 en este perfil no parece deberse a una falta de comprensión, sino a estrategias metodológicas que limitaron el tipo de razonamiento posible, ya sea por no emplear representaciones visuales adecuadas o por haber reformulado el enfoque de análisis.

#### 6.4.1.5. Análisis de una justificación del “Perfil B” de estudiantes

En las justificaciones del grupo 8 (Cuadro 6.8) podemos observar lo que mencionamos previamente.

La justificación presentada por los estudiantes es extensa y muestra un contenido particularmente interesante, aunque se alejan del foco del objetivo propuesto. Se identifican con claridad varios elementos de alfabetización estadística (C1, C2 y C3), expresados correctamente en la lectura e interpretación de los gráficos utilizados y en las medidas descriptas. También se observa la activación del elemento R1, evidenciada en la formulación de generalizaciones como “*los hombres suelen tener mayor cantidad de presión*”.

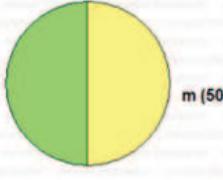
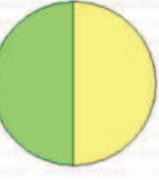
Asimismo, el elemento R2 (resumen) se manifiesta en expresiones como “*aproximadamente un 50% de las personas...*”, en referencia a la mediana, la cual es correctamente

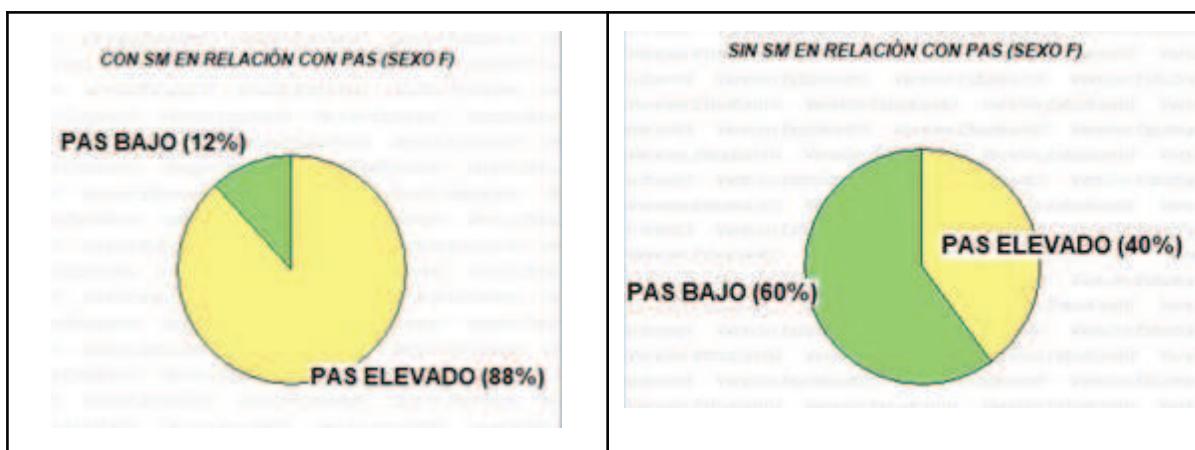
identificada, cuantificada y comparada entre grupos. Sin embargo, no se reconocen referencias a la posición relativa de los diagramas (R3) ni al análisis de la variabilidad (R4).

Finalmente, en la última frase de la producción, los estudiantes señalan la presencia de valores atípicos (R7), aunque no aportan detalles ni discuten su relevancia en el contexto del análisis.

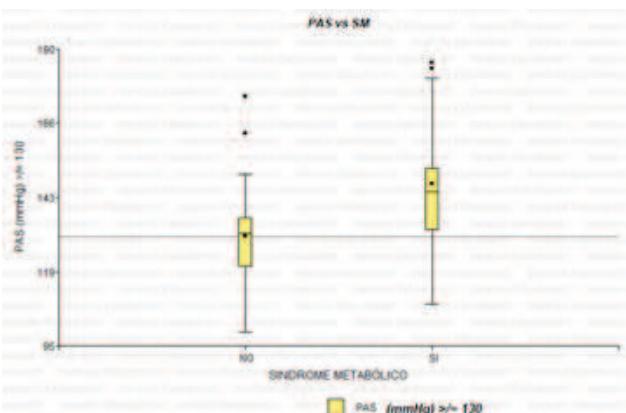
#### Cuadro 6.8

##### *Respuestas del grupo 8*

|  <p>PRESIÓN ARTERIAL SISTÓLICA EN PERSONAS SIN SM</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>m (Sexo Masculino)</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>h (Sexo Femenino)</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table>  | Categoría  | Porcentaje | m (Sexo Masculino) | 50% | h (Sexo Femenino) | 50% |  <p>PRESIÓN ARTERIAL SISTÓLICA EN PERSONAS SIN SM</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>m (Sexo Masculino)</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>h (Sexo Femenino)</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table> | Categoría | Porcentaje | m (Sexo Masculino) | 50% | h (Sexo Femenino) | 50% |  <p>PAS ELEVADO Y SIN SM AMBOS SEXOS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>m (Sexo Masculino)</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>h (Sexo Femenino)</td> <td>70%</td> </tr> </tbody> </table> | Categoría | Porcentaje | m (Sexo Masculino) | 30% | h (Sexo Femenino) | 70% |
|--|------------|------------|--------------------|-----|-------------------|-----|---|-----------|------------|--------------------|-----|-------------------|-----|--|-----------|------------|--------------------|-----|-------------------|-----|
| Categoría  | Porcentaje |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| m (Sexo Masculino)   | 50%        |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| h (Sexo Femenino)  | 50%        |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| Categoría  | Porcentaje |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| m (Sexo Masculino)   | 50%        |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| h (Sexo Femenino)  | 50%        |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| Categoría  | Porcentaje |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| m (Sexo Masculino)   | 30%        |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| h (Sexo Femenino)  | 70%        |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| <p>Como se ha mencionado en la introducción, la presión arterial sistólica elevada se relaciona con el estado nutrición como con las ECV.</p> <p>Para el análisis de este factor de riesgo se utilizaron 2 gráficos sectoriales. El primero de los gráficos representa el porcentaje de aquellas personas que presentan SM y además PAS elevada y del 100% un 59% corresponde al sexo masculino mientras que el 41% al sexo femenino.</p> <p>El segundo gráfico muestra resultados de aquellas personas que no presentan el SM pero si PAS elevada, para este caso ambos sexos representan un 50% del total.</p> <p>Por otro lado, podemos encontrar un gráfico que muestra la PAS elevada en ambos sexos, donde se destaca que los hombres suelen tener mayor cantidad de presión, representando un 70% y a la vez las mujeres simbolizan un 30%.</p> |            |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
|  <p>SIN SM EN RELACIÓN PAS (SEXO M)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PAS ELEVADO</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>PAS BAJO</td> <td>25%</td> </tr> </tbody> </table>  | Categoría  | Porcentaje | PAS ELEVADO        | 75% | PAS BAJO          | 25% |  <p>CON SM EN RELACIÓN CON PAS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PAS ELEVADO</td> <td>95%</td> </tr> <tr> <td>PAS BAJO</td> <td>5%</td> </tr> </tbody> </table>                                  | Categoría | Porcentaje | PAS ELEVADO        | 95% | PAS BAJO          | 5%  |  |           |            |                    |     |                   |     |
| Categoría  | Porcentaje |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| PAS ELEVADO  | 75%        |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| PAS BAJO   | 25%        |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| Categoría  | Porcentaje |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| PAS ELEVADO  | 95%        |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| PAS BAJO   | 5%         |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| <p>Según la clasificación de cada sexo se puede encontrar como resultados que el sexo masculino sin SM presenta un 75% PAS elevada comparado con la PAS baja que conlleva un 25%. Por otro lado, aquellos hombres con SM representan 95% una PAS elevada y su 5% restante presentan la PAS baja.</p>   |            |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |
| <p>Según la clasificación de cada sexo se puede encontrar como resultados que el sexo masculino sin SM presenta un 75% PAS elevada comparado con la PAS baja que conlleva un 25%. Por otro lado, aquellos hombres con SM representan 95% una PAS elevada y su 5% restante presentan la PAS baja.</p>   |            |            |                    |     |                   |     |   |           |            |                    |     |                   |     |  |           |            |                    |     |                   |     |



Por medio de la obtención de los datos del sexo femenino se puede concluir que las mujeres con síndrome metabólico, muestran una PAS elevada donde simbolizan un 88%, y el 12% restante son las mujeres con una PAS baja. En cuanto a las mujeres sin síndrome metabólico, se llega a la conclusión que el 40% deriva de las mujeres que tienen PAS elevada, en cambio, el 60% presenta en la presión arterial sistólica baja.



Del grafico se puede observar que aproximadamente un 50% de las personas que no tienen SM tienen una presión sistólica de 130 mmHg. Y en las personas si presentan SM el 50% tienen la presión arterial sistólica aproximadamente a 145 mmHg.

En ambos casos se observan valores alejados, estos son valores atípicos.

#### 6.4.1.6. Errores o dificultades identificados en el “Perfil B” de estudiantes

En este perfil es posible señalar algunas particularidades relevantes en las producciones de ciertos grupos. En especial, se destaca un patrón de respuestas notablemente superficiales en los grupos 2 y 25.

Ambos grupos se mantuvieron alineados con el objetivo del análisis y lograron identificar correctamente la tendencia central, concluyendo que los individuos con Síndrome Metabólico (SM) presentaban valores de PAS más altos. Sin embargo, su análisis se detuvo en ese único aspecto, sin avanzar en la descripción de otras características esenciales del comportamiento de la variable.

Por su parte, el Grupo 2 omitió por completo cualquier referencia a la variabilidad o dispersión de los datos entre los grupos, mientras que el Grupo 25 presentó una

interpretación demasiado general, sin utilizar los elementos específicos del boxplot —como medianas, cuartiles o rangos— para cuantificar o justificar sus observaciones.

Este tipo de respuestas no reflejan errores conceptuales graves, pero sí revelan una comprensión parcial y limitada del recurso gráfico, que impide a los estudiantes extraer e interpretar la riqueza de información que ofrece la representación.

Finalmente, el perfil C, conformado por los grupos 1, 5, 7, 11, 12, 14, 19, 21, 22 y 23, se caracteriza por una activación generalizada de elementos en niveles medio y alto de expresión. En particular, los componentes C1, C2, C3, R1 y M2 fueron identificados en su nivel máximo, lo que evidencia un sólido manejo de habilidades de alfabetización, conocimiento estadístico y capacidad para formular hipótesis a partir de los datos.

Además, los elementos R2 (Resumen), R4 (Ruido), R5 (Muestreo) y R7 (Casos Particulares) presentan un comportamiento intermedio, con predominancia de expresiones en nivel medio y alto en la mayoría de los grupos. En contraste, se destaca la escasa activación del elemento R3 (Señal), ausente en gran parte de las producciones analizadas.

Este patrón de desempeño guarda similitudes con el perfil identificado previamente para estudiantes de la carrera de LN en el objetivo 1 (perfil B), particularmente en la combinación de fortalezas técnicas (C1, C2 y C3) con debilidades conceptuales en C4 (conocimiento del contexto), C5 (habilidades críticas) y D1+D2 (postura crítica y creencias). Estos resultados sugieren que, si bien estos estudiantes logran operar con los datos y generar explicaciones razonables, presentan dificultades para contextualizar sus análisis y adoptar una mirada reflexiva sobre la información producida, un patrón de comportamiento bastante recurrente hasta el momento.

#### 6.4.1.7. Análisis de una justificación del “Perfil C” de estudiantes

Para ilustrar este perfil, seleccionamos las argumentaciones desarrolladas por el grupo 14, las cuales se presentan en el Cuadro 6.9.

**Cuadro 6.9**

##### *Respuestas del grupo 14*

En cuanto a los resultados que se obtuvieron de la medición de la PAS (mmHg), fueron comparados según si la persona presentaba o no SM.

Tal como podemos ver los casos donde no había SM fueron de 36 personas, mientras que los positivos de SM eran 84 casos.

Observando la tabla 2, podemos ver que la media para personas con SM fue de 146,93 mmHg, el Q1 de 132 mmHg y el Q3 de 152 mmHg, teniendo así también dos valores alejados (observados en el gráfico 2).

Mientras que el grupo que no padece SM tuvo una media de 129,89 mmHg, un Q1 de 120 mmHg y un Q3 de 136 mmHg, presentando también dos valores más alejados (gráfico 2).

De esta forma podemos ver que las mediciones tienden a ser menores para las personas sin SM. A continuación, en el gráfico 2 se puede ver dicha diferencia:

Lo que se quiere rescatar de la tabla 3 es que de las personas que NO presentan SM (36), la mayoría, es decir, 17 de ellas la medida de la PAS (mmHg) se encuentra entre 129,40 mmHg y 144,60 mmHg (intervalo 3).

Mientras que en las personas que SI presentan SM (84), se logra ver mayor cantidad de personas en los intervalos 2, 3 y 4. Siendo así, las medidas más frecuentes un poco más extensas y elevadas, encontrándose estos valores entre 121,00 mmHg a 160,00 mmHg.

| SINDROME METABOLICO | Variable           | n  | Media  | D.E.  | Min    | Max    | Mediana | Q1     | Q3     |
|---------------------|--------------------|----|--------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|
| NO                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 36 | 129,89 | 15,66 | 99,00  | 175,00 | 131,00  | 120,00 | 136,00 |
| SI                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 84 | 146,93 | 16,98 | 108,00 | 186,00 | 144,50  | 132,00 | 152,00 |

Tabla 2

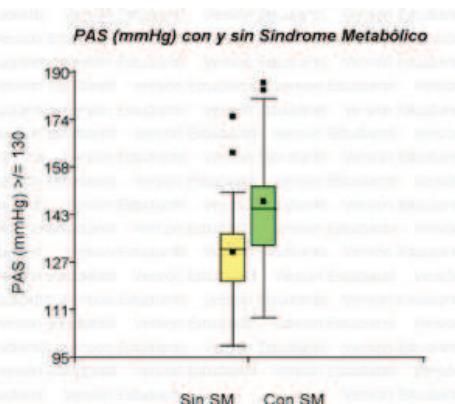


Gráfico 2

| SINDROME METABOLICO | Variable           | Clase | LI                | LS     | MC | FA   | FR |
|---------------------|--------------------|-------|-------------------|--------|----|------|----|
| NO                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 1     | [ 99,00 114,20 ]  | 106,60 | 5  | 0,14 |    |
| NO                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 2     | ( 114,20 129,40 ] | 121,80 | 11 | 0,31 |    |
| NO                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 3     | ( 129,40 144,60 ] | 137,00 | 17 | 0,47 |    |
| NO                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 4     | ( 144,60 159,80 ] | 152,20 | 1  | 0,03 |    |
| NO                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 5     | ( 159,80 175,00 ] | 167,40 | 2  | 0,06 |    |

| SINDROME METABOLICO | Variable           | Clase | LI                | LS     | MC | FA   | FR |
|---------------------|--------------------|-------|-------------------|--------|----|------|----|
| SI                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 1     | [ 108,00 121,00 ] | 114,50 | 2  | 0,02 |    |
| SI                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 2     | ( 121,00 134,00 ] | 127,50 | 22 | 0,26 |    |
| SI                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 3     | ( 134,00 147,00 ] | 140,50 | 23 | 0,27 |    |
| SI                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 4     | ( 147,00 160,00 ] | 153,50 | 23 | 0,27 |    |
| SI                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 5     | ( 160,00 173,00 ] | 166,50 | 3  | 0,04 |    |
| SI                  | PAS (mmHg) >/= 130 | 6     | ( 173,00 186,00 ] | 179,50 | 11 | 0,13 |    |

Tabla 3

La producción presentada por los estudiantes es extensa, detallada y muestra un manejo adecuado de las herramientas básicas de lectura e interpretación de datos. Se identifican con claridad los elementos de alfabetización estadística C1, C2 y C3, evidenciados en la correcta interpretación de tablas y gráficos, el uso apropiado de la terminología técnica, y la identificación de medidas de tendencia central y dispersión, para esta última, si bien la informan en la tabla 1, no rescatan su valor y analizan su implicancia.

El elemento R2 se encuentra activo, ya que se mencionan explícitamente medias, cuartiles (Q1 y Q3) e incluso intervalos de concentración de los datos, lo que revela un intento por describir el comportamiento general de la variable PAS en función de la presencia o no de Síndrome Metabólico (SM). Además, se identifica el elemento R1 a partir de afirmaciones como “los valores tienden a ser menores para las personas sin SM”, lo que refleja una correcta lectura de los datos que va más allá de lo meramente descriptivo.

En la dimensión del razonamiento informal vinculados a la variabilidad, se observan matices importantes. No se identifican comparaciones explícitas de la posición relativa de los diagramas (R3), pero sí detectamos la activación de R4. Esto se evidencia, por ejemplo, cuando los estudiantes hacen referencia a la densidad de los datos y la concentración en

determinados intervalos: “*la mayoría, es decir, 17 de ellas [No-SM], la medida de la PAS se encuentra entre 129,40 mmHg y 144,60 mmHg (intervalo 3)*”. Además, se analiza la distribución por intervalos, lo que sugiere un esfuerzo por explorar la estructura interna de los datos.

Por último, se observa la activación parcial del elemento R7 (casos particulares) mediante la mención de “valores alejados”. Sin embargo, no se cuantifican ni se discuten sus implicancias, lo que impide valorar su impacto en la interpretación general.

#### 6.4.1.8. Errores o dificultades identificadas en el “Perfil C” de estudiantes

El principal error identificado en este grupo de estudiantes está relacionado con el uso incorrecto de conceptos y términos estadísticos, destacándose principalmente la confusión entre media y mediana. Este error, detectado en los grupos 5, 11, 12, y 23, se manifestó cuando los estudiantes utilizaron el término “*media*” para referirse a valores que, según el contexto, correspondían claramente a la mediana.

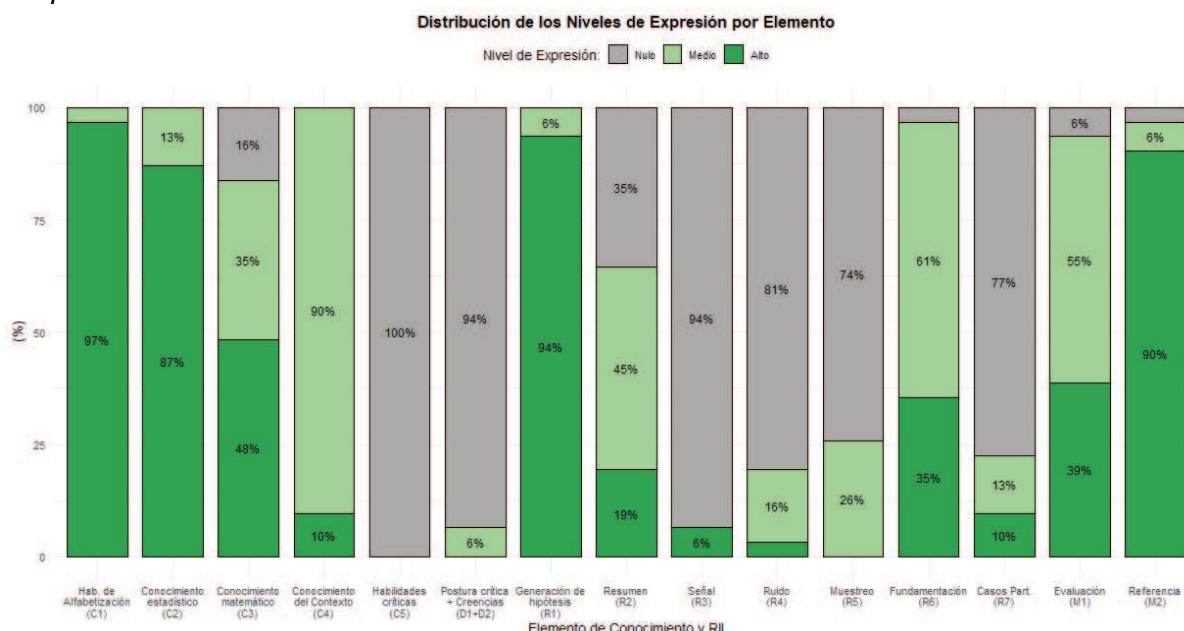
#### 6.4.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica

##### 6.4.2.1. Generalidades del desempeño

En la figura 6.10 se pueden observar las frecuencias con las que se expresaron los diferentes elementos considerados.

**Figura 6.10**

*Niveles de expresión de los elementos de conocimiento y de razonamiento inferencial informal identificados en cada grupo de las carreras licenciatura en Biotecnología y Bioquímica*



El análisis de los niveles de expresión correspondientes a las dos carreras revela un desempeño mixto, con una clara diferencia entre las habilidades básicas de alfabetización estadística (AE) y los elementos vinculados al razonamiento estadístico. Por un lado, los resultados muestran un muy buen dominio de los elementos técnicos fundamentales: el 97 % de los grupos evidenció un nivel alto de expresión en C1 (Habilidades de Alfabetización) y el 87 % lo hizo en C2 (Conocimiento Estadístico). Este mismo patrón de

alto rendimiento se replica en R1 (Generación de Hipótesis) y M2 (Referencia), utilizados correctamente por el 94 % y 90 % de los grupos, respectivamente. Estos datos reflejan una consolidación de las competencias vinculadas a la lectura, interpretación y contextualización de datos, así como una mejora en la formulación de generalizaciones.

Sin embargo, este desempeño técnico contrasta fuertemente con debilidades persistentes en aspectos más complejos del razonamiento. Ninguno o muy pocos de los 31 grupos activó los elementos C5 (Habilidades Críticas) y D1+D2 (Postura Crítica y Creencias), lo que evidencia una falta de cuestionamiento sobre la calidad de los datos, la validez de las inferencias y la consideración de posibles interpretaciones alternativas. Esta ausencia de mirada crítica también se refleja en los elementos R3 (Señal) y R4 (Ruido), que no fueron reconocidos por el 94 % y el 81 % de los grupos, respectivamente. Del mismo modo, R7 (Casos Particulares), que implica identificar e interpretar valores atípicos, no fue utilizado por el 77 % de los estudiantes.

Comparando estos resultados con los obtenidos en el análisis del Objetivo 1, se evidencian algunos cambios significativos. Por ejemplo, el desempeño en R1 mejoró notablemente: mientras que antes predominaban las expresiones en nivel medio, ahora el 94 % de los grupos lo activa de forma correcta. Este avance podría deberse a una mayor consolidación de las habilidades de alfabetización básica (C1 y C2), a una mayor familiaridad con las tareas de análisis de datos y a un efecto de entrenamiento previo que facilitó la formulación de hipótesis y conjeturas.

Un patrón similar se observa en M2 (Referencia), que se mantiene en niveles altos, y en R6 (Fundamentación), que pasa de no tener activaciones de nivel alto a un 35 % de uso correcto. Esto sugiere un leve progreso en la capacidad para proponer explicaciones alternativas teniendo en cuenta el contexto del problema analizado. Sin embargo, esta mejora no se extiende a todos los componentes. De hecho, se observa un retroceso en C4 (Conocimiento del Contexto) y en la expresión media de R6, que había sido destacada en el Objetivo 1 y ahora disminuye (de 97% a 61%). Esto podría explicarse por un cambio en el foco de atención de los estudiantes, quienes, al enfrentarse a una tarea más compleja, habrían priorizado los aspectos técnicos del análisis (como la identificación de medidas o la comparación entre grupos), dejando de lado el análisis contextual y reflexivo.

Un caso particular es el de R5 (Muestreo), donde se observa un empeoramiento importante: el 74 % de los estudiantes no expresó este componente. Este dato sugiere una consolidación de las dificultades para reflexionar sobre el impacto del tamaño muestral en la validez de las conclusiones, una habilidad fundamental para el razonamiento inferencial.

Finalmente, al centrar la atención en los elementos clave para la resolución del presente objetivo (R2, R3, R4 y R7), se observa un comportamiento desigual. Mientras que R2 (Resumen) muestra cierto nivel de apropiación (con un 64 % de respuestas adecuadas o parcialmente adecuadas), los elementos restantes presentan una expresión mayoritariamente nula. Esta situación pone de manifiesto importantes dificultades en la comprensión de la estructura interna de los datos, la comparación de distribuciones y la identificación de valores atípicos, aspectos fundamentales para una interpretación adecuada de la estructura interna de los datos.

En conjunto, los resultados indican un perfil de estudiantes con competencias técnicas sólidas, pero con debilidades persistentes en la interpretación crítica, el análisis de la variabilidad y ciertos aspectos de la comprensión contextual.

#### 6.4.2.2. Identificación de perfiles de estudiantes

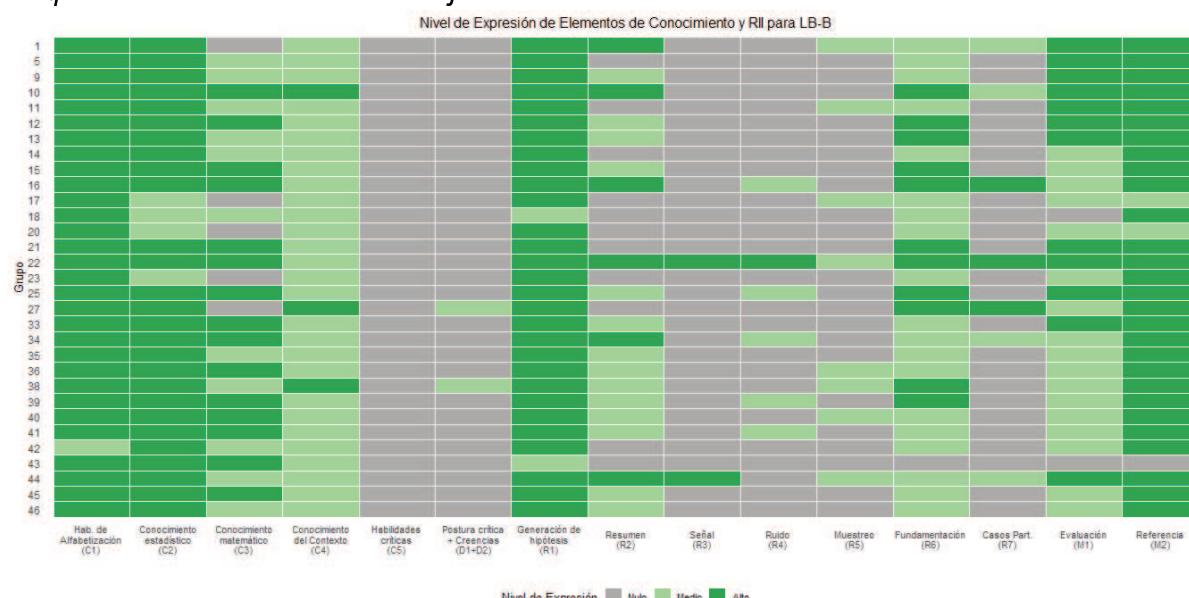
Respetando la estructura de nuestro análisis comenzaremos, en primer lugar, presentando el resultado de nuestra evaluación del objetivo en cada grupo (Figura 6.11) y seguidamente, la identificación de tres perfiles que identificamos a partir de la similitud en los patrones de las respuestas observadas en nuestro análisis de contenido (Figura 6.12)

El perfil que denominamos “A” está conformado por un grupo numeroso de estudiantes, como puede observarse en la figura 6.12. Este conglomerado se caracteriza por la activación de entre 8 y 10 de los 15 elementos evaluados, lo que evidencia un desempeño general aceptable en términos de variedad de componentes puestos en juego.

En cuanto al elemento R2 (Resumen), se observa un patrón de desempeño moderado: el 70 % de los grupos logró expresarlo en nivel medio. Esto sugiere que la mayoría de los estudiantes fue capaz de identificar y comparar, al menos parcialmente, alguna de las cinco medidas estadísticas que componen el diagrama de caja, como la mediana o los cuartiles.

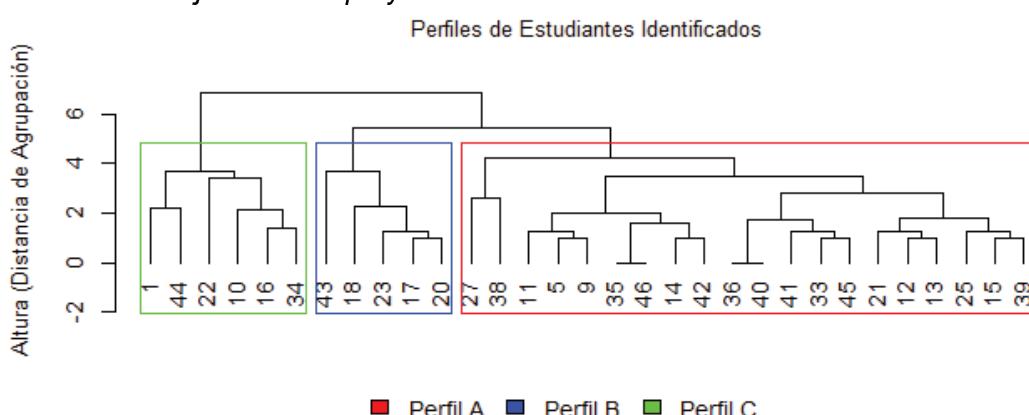
**Figura 6.11**

*Niveles de expresión de los elementos de conocimiento y de razonamiento inferencial informal identificados en cada grupo de las carreras licenciatura en Biotecnología y Bioquímica en la resolución del objetivo 2.*



**Figura 6.12**

*Perfiles de grupos de estudiantes de las carreras licenciatura en Biotecnología y Bioquímica que resolvieron el objetivo 2 del proyecto de manera similar.*



Sin embargo, este desempeño contrasta fuertemente con la ausencia casi total de activación en tres componentes clave del razonamiento inferencial informal: R3 (Señal), R4 (Ruido) y R7 (Casos Particulares). Esta tendencia ya había sido advertida en el perfil B de los estudiantes de la carrera de LN, lo que sugiere un patrón recurrente de dificultades en el análisis detallado de distribuciones.

Una posible explicación a esto radica en el enfoque limitado que muchos estudiantes adoptan al analizar datos. Como señalan Pfannkuch & Wild (2004), los estudiantes tienden a concentrarse en las medidas de tendencia central y desatienden otros aspectos fundamentales como la dispersión, la forma de la distribución o la presencia de valores atípicos. Esta visión parcial limita el uso de otros elementos, como la comparación de posiciones relativas (R3) o la identificación de variabilidad (R4). Estos resultados exigen también, una mirada introspectiva en nuestras propuestas de enseñanza de manera tal que las mismas posibiliten guiar a los estudiantes hacia un enfoque multidimensional del análisis en lugar de enfocarse solo ciertas particularidades.

En línea con estos hallazgos, Tauber & Bertero (2019) describen cómo los estudiantes, si bien pueden identificar correctamente medidas como la mediana o los cuartiles, tienden a limitarse a comparaciones puntuales sin integrarlas en un razonamiento más amplio que permita extraer conjjeturas o interpretar los resultados con mayor profundidad.

Asimismo, Rubin, Hammerman & Konold (2006) destacan que la interpretación de diagramas de caja suele no ser intuitiva para la mayoría de los estudiantes. Aunque logran localizar las medidas dentro del gráfico, rara vez comprenden el significado que estas tienen en relación con la dispersión o la forma de la distribución. Esto afecta directamente la activación de los elementos R3 y R4.

En relación con R7 (Casos Particulares), Edwards, Özgün-Koca & Barr (2017) encontraron que los estudiantes de nivel medio suelen concentrar su atención en la caja central del gráfico, ignorando los bigotes y valores extremos. Aunque algunos reconocen visualmente estos puntos, no los incorporan al análisis estadístico, considerándolos como anomalías irrelevantes. Este comportamiento refleja una visión reducida de la variabilidad y coincide con los patrones observados en nuestros estudiantes.

No obstante, al igual que en el perfil B de estudiantes de LN, en este caso también se identificaron estrategias de resolución que podrían haber condicionado la expresión de los elementos evaluados. Algunos grupos (específicamente los grupos 5, 9, 11, 14, 38, 40 y 42) abordaron la resolución del objetivo transformando la variable PAS en una variable categórica, mediante la aplicación del umbral ( $\geq 130$  mmHg). Este procedimiento los llevó a reducir el análisis a una comparación de proporciones, lo cual no requería necesariamente el uso de los elementos R3, R4 y R7. En este contexto, la no activación de dichos elementos no implicaría necesariamente una falta de desarrollo, sino más bien una inadecuación entre el enfoque adoptado y las habilidades específicas que se buscaba evaluar.

En síntesis, los bajos niveles de expresión en R3, R4 y R7 dentro de este grupo podrían explicarse por una combinación de factores: dificultades en la lectura e interpretación detallada de los diagramas de caja, una comprensión limitada del rol de la variabilidad y los valores atípicos en el análisis de datos, y estrategias de resolución que desviaron el foco del objetivo original, impidiendo así la manifestación de estos componentes del razonamiento estadístico.

#### 6.4.2.3. Análisis de una justificación del “Perfil A” de estudiantes.

El grupo 38 es el que seleccionamos para analizar su respuesta y la presentamos en el cuadro 6.10.

**Cuadro 6.10**

##### Respuestas del grupo 38

| <p>2) Notamos que las personas con SM también tienden a presentar presión sistólica alta (<math>&gt;/= 130</math> mmHg).</p> <p>A raíz de la tabla, vemos que el 61,67% de los que presentan el síndrome metabólico, también presentan presión alta.</p> <p>Podemos suponer que dicha presión puede ser provocada por la presencia del síndrome, o caso contrario, que el SM sea incitado por la misma.</p> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Frecuencias absolutas</th> </tr> <tr> <th colspan="4">En columnas: SÍNDROME METABÓLICO</th> </tr> <tr> <th colspan="4">PAS = 130 NO SI Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NO</td> <td>16</td> <td>10</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>SI</td> <td>20</td> <td>74</td> <td>94</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>36</td> <td>84</td> <td>120</td> </tr> </tbody> </table><br><table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Frecuencias relativas por filas</th> </tr> <tr> <th colspan="4">En columnas: SÍNDROME METABÓLICO</th> </tr> <tr> <th colspan="4">PAS = 130 NO SI Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NO</td> <td>61,54</td> <td>38,46</td> <td>100,00</td> </tr> <tr> <td>SI</td> <td>21,28</td> <td>78,72</td> <td>100,00</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>30,00</td> <td>70,00</td> <td>100,00</td> </tr> </tbody> </table><br><table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Frecuencias relativas por columnas</th> </tr> <tr> <th colspan="4">En columnas: SÍNDROME METABÓLICO</th> </tr> <tr> <th colspan="4">PAS = 130 NO SI Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NO</td> <td>44,44</td> <td>11,90</td> <td>21,67</td> </tr> <tr> <td>SI</td> <td>55,56</td> <td>88,10</td> <td>78,33</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>100,00</td> <td>100,00</td> <td>100,00</td> </tr> </tbody> </table><br><table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Frecuencias relativas al total</th> </tr> <tr> <th colspan="4">En columnas: SÍNDROME METABÓLICO</th> </tr> <tr> <th colspan="4">PAS = 130 NO SI Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NO</td> <td>13,33</td> <td>8,33</td> <td>21,67</td> </tr> <tr> <td>SI</td> <td>16,67</td> <td>61,67</td> <td>78,33</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>30,00</td> <td>70,00</td> <td>100,00</td> </tr> </tbody> </table> | Frecuencias absolutas |        |  |  | En columnas: SÍNDROME METABÓLICO |  |  |  | PAS = 130 NO SI Total |  |  |  | NO | 16 | 10 | 26 | SI | 20 | 74 | 94 | Total | 36 | 84 | 120 | Frecuencias relativas por filas |  |  |  | En columnas: SÍNDROME METABÓLICO |  |  |  | PAS = 130 NO SI Total |  |  |  | NO | 61,54 | 38,46 | 100,00 | SI | 21,28 | 78,72 | 100,00 | Total | 30,00 | 70,00 | 100,00 | Frecuencias relativas por columnas |  |  |  | En columnas: SÍNDROME METABÓLICO |  |  |  | PAS = 130 NO SI Total |  |  |  | NO | 44,44 | 11,90 | 21,67 | SI | 55,56 | 88,10 | 78,33 | Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | Frecuencias relativas al total |  |  |  | En columnas: SÍNDROME METABÓLICO |  |  |  | PAS = 130 NO SI Total |  |  |  | NO | 13,33 | 8,33 | 21,67 | SI | 16,67 | 61,67 | 78,33 | Total | 30,00 | 70,00 | 100,00 |
|---|--|-----------------------|--------|--|--|----------------------------------|--|--|--|-----------------------|--|--|--|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|-----|---------------------------------|--|--|--|----------------------------------|--|--|--|-----------------------|--|--|--|----|-------|-------|--------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|------------------------------------|--|--|--|----------------------------------|--|--|--|-----------------------|--|--|--|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------------------------------|--|--|--|----------------------------------|--|--|--|-----------------------|--|--|--|----|-------|------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Frecuencias absolutas   |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| En columnas: SÍNDROME METABÓLICO  |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| PAS = 130 NO SI Total   |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| NO  | 16   | 10                    | 26     |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| SI  | 20   | 74                    | 94     |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| Total   | 36   | 84                    | 120    |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| Frecuencias relativas por filas   |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| En columnas: SÍNDROME METABÓLICO  |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| PAS = 130 NO SI Total   |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| NO  | 61,54  | 38,46                 | 100,00 |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| SI  | 21,28  | 78,72                 | 100,00 |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| Total   | 30,00  | 70,00                 | 100,00 |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| Frecuencias relativas por columnas  |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| En columnas: SÍNDROME METABÓLICO  |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| PAS = 130 NO SI Total   |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| NO  | 44,44  | 11,90                 | 21,67  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| SI  | 55,56  | 88,10                 | 78,33  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| Total   | 100,00   | 100,00                | 100,00 |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| Frecuencias relativas al total  |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| En columnas: SÍNDROME METABÓLICO  |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| PAS = 130 NO SI Total   |  |                       |        |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| NO  | 13,33  | 8,33                  | 21,67  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| SI  | 16,67  | 61,67                 | 78,33  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |
| Total   | 30,00  | 70,00                 | 100,00 |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |     |                                 |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |        |    |       |       |        |       |       |       |        |                                    |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |       |       |    |       |       |       |       |        |        |        |                                |  |  |  |                                  |  |  |  |                       |  |  |  |    |       |      |       |    |       |       |       |       |       |       |        |

El análisis de esta justificación refleja con claridad uno de los patrones observados en este perfil. En lugar de describir y analizar directamente la distribución de la variable continua PAS, los estudiantes decidieron transformarla en una variable categórica, utilizando el umbral definido en la propuesta, clasificándola como "alta" o "no alta". A partir de esta clasificación, elaboraron cuatro tablas de contingencia que presentaron utilizando frecuencias absolutas y relativas, con el objetivo de comparar la PAS en función de la presencia o no de SM.

Este enfoque, aunque ordenado y técnicamente correcto, se desvía del objetivo original de la tarea, ya que no aborda el análisis de la estructura interna de la variable PAS ni su distribución. En consecuencia, no manifiesta la activaron elementos clave como R3 (Señal), R4 (Ruido) y R7 (Casos Particulares), ya que el tipo de análisis propuesto por los estudiantes no demandaba su utilización.

A pesar de esta desviación, se evidencian algunas fortalezas en términos de conocimiento y razonamiento estadístico. La correcta interpretación de gráficos y datos se manifiesta en el uso adecuado de términos como "presión sistólica alta" (C1), el manejo de proporciones y frecuencias (C2), y la referencia al contexto de la enfermedad (C4). Además, expresiones como "puede ser provocada por" y "tienden a presentar" reflejan un intento de formular conjeturas a partir de los datos, activando el elemento R1 (Generación de hipótesis). Del mismo modo, la frase "la presión puede ser provocada por el síndrome, o el síndrome ser incitado por la presión" puede interpretarse como una forma de R6 (Fundamentación), al introducir una explicación alternativa sobre la asociación observada.

#### 6.4.2.4. Errores o dificultades identificados en el “Perfil A” de estudiantes.

Entre las principales dificultades detectadas en este grupo de estudiantes, se destacan algunos errores conceptuales relevantes vinculados al manejo de probabilidades condicionales y a la coherencia interna de los análisis presentados. En particular, los grupos 35 y 42 incurrieron en la interpretación inversa de la probabilidad condicional que debían interpretar según su planteo, analizando la probabilidad  $P(SM | PAS \text{ alta})$ , en lugar de  $P(PAS \text{ alta} | SM)$ . Este error, ya reportado en estudios previos (Estrada & Batanero, 2006), muestra una comprensión incompleta de los conceptos asociados al cálculo de probabilidades.

Por otro lado, los grupos 21 y 25 presentaron análisis que no guardaban coherencia entre los resúmenes estadísticos informados y las conclusiones alcanzadas, sugiriendo una falta de revisión crítica sobre los datos utilizados. Este tipo de inconsistencias pueden estar asociadas a una mirada poco reflexiva de los procedimientos analíticos, donde las conclusiones no se sostienen adecuadamente con la evidencia presentada.

El conglomerado que llamamos perfil B, está conformado por un grupo reducido de estudiantes que presentan un desempeño significativamente más limitado en comparación con el perfil anterior. Como se puede observar en la figura 6.11, estos grupos activan entre 5 y 7 de los 15 elementos evaluados.

Entre los elementos más frecuentemente activados en este perfil se destacan C1 (Habilidad de Alfabetización) y C2 (Conocimiento Estadístico), con una expresión predominante en el nivel medio. Esto sugiere que estos estudiantes poseen ciertas habilidades básicas para interpretar gráficos y reconocer conceptos estadísticos elementales, aunque su uso no es sistemático y muy limitado. En la mayoría de los casos se observa la expresión del elemento R1 en nivel Alto.

Por el contrario, no se observaron evidencias de utilización de los elementos R3 (Señal), R4 (Ruido) y R7 (Casos Particulares). Sugiriendo que estos estudiantes enfrentan algunas dificultades para realizar análisis que trasciendan la lectura del gráfico, y que requieren establecer comparaciones profundas entre distribuciones, reconocer la variabilidad o interpretar casos atípicos.

#### 6.4.2.5. Análisis de una justificación del “Perfil B” de estudiantes

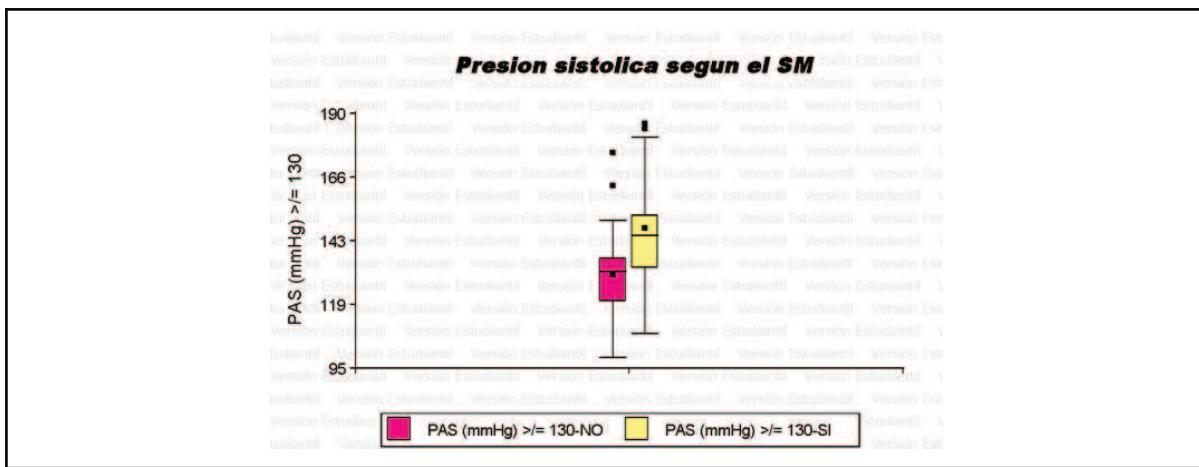
Analizaremos para este perfil la producción del grupo 20 que se muestra en el cuadro 6.11

La producción presentada por este grupo de estudiantes es breve y limitada en términos de profundidad analítica. Si bien elaboran un diagrama de caja que muestra la distribución de la variable PAS según la presencia o ausencia del síndrome metabólico (SM), la argumentación que lo acompaña es escasa y carece de sustento.

**Cuadro 6.11**

*Respuestas del grupo 20*

Las personas con SM tienden a manifestar una presión arterial sistólica más alta que aquellas sin SM, indicando una asociación entre el SM y la presión arterial sistólica elevada.



En cuanto a los elementos de AE, se identifican indicadores básicos de C1 y C2, reflejados en la correcta presentación del gráfico y en el uso de términos apropiados para describir la variable. La expresión “*tienden a manifestar una presión arterial sistólica más alta que aquellas sin SM*” sugiere una generalización sobre la tendencia, y por ello la vinculamos al uso del elemento R1.

Sin embargo, no se evidencian la activación de los elementos clave del objetivo propuesto, específicamente R2, R3, R4 y R7. Tampoco se mencionan medidas específicas como la mediana o los cuartiles (R2), no se comparan posiciones relativas entre las distribuciones (R3), no se analiza la variabilidad interna (R4), ni se hace referencia a valores extremos o atípicos (R7), dejando en evidencia un enfoque muy superficial del análisis del objetivo.

#### 6.4.2.6. Errores o dificultades identificados en el “Perfil B” de estudiantes

En relación a los principales errores o dificultades observadas en este grupo de estudiantes podemos mencionar que el rasgo observado en ellos fue la escasa profundidad interpretativa, expresada tanto en la brevedad de las justificaciones como en la falta de evidencia que respalde las afirmaciones formuladas.

En varios casos (grupos 17, 20 y 23), aunque las conclusiones generales fueron correctas en términos de tendencia, por ejemplo, reconocer que la PAS es más alta en personas con SM, las respuestas no incluyeron referencias concretas a los resúmenes numéricos o gráficos. Esta omisión debilita el argumento y muestra un abordaje parcial del objetivo.

Otros grupos, como 18 y 43 presentan un patrón distinto pero igualmente problemático. En estos casos, las justificaciones se limitan a mostrar frecuencias o porcentajes, sin interpretación ni contextualización. Aun cuando los datos presentados permiten inferencias válidas, los estudiantes no formulan explícitamente ninguna conclusión que vincule la prevalencia de PAS alta con la presencia del SM. Además, en el caso del grupo 43, la categorización de la variable en “alta/no alta” restringe el análisis e impide una exploración más rica de su comportamiento.

Finalmente, el perfil delimitado grupos 1, 10, 16, 22, 34 y 44, muestra un desempeño particularmente sólido en términos de variedad de componentes activados. Este conglomerado se caracteriza por la expresión de entre 10 y 12 de los 15 elementos evaluados, lo cual representa un comportamiento más integral respecto de lo observado para los perfiles A y B.

Uno de los aspectos que más se destacan de este grupo es el uso correcto del elemento R2 (Resumen). Todos los grupos activaron esta componente en nivel alto, mostrando una

adecuada comprensión y utilización de las medidas estadísticas del diagrama de caja, como la mediana y los cuartiles, para describir las distribuciones.

Asimismo, se observa una mejora significativa en el uso de los elementos R6 (Fundamentación) y R7 (Casos Particulares), en comparación con los perfiles anteriores. Estos elementos fueron activados por la totalidad de los grupos, alternando entre niveles medio y alto. La presencia de R6 sugiere que estos estudiantes lograron vincular sus conclusiones con el contexto del problema de estudio, aportando explicaciones que van más allá del simple reporte numérico. En cuanto a R7, se reconoce la capacidad de identificar valores atípicos y señalar su relevancia en el análisis, aunque en algunos casos esta mención no esté acompañada de una discusión detallada.

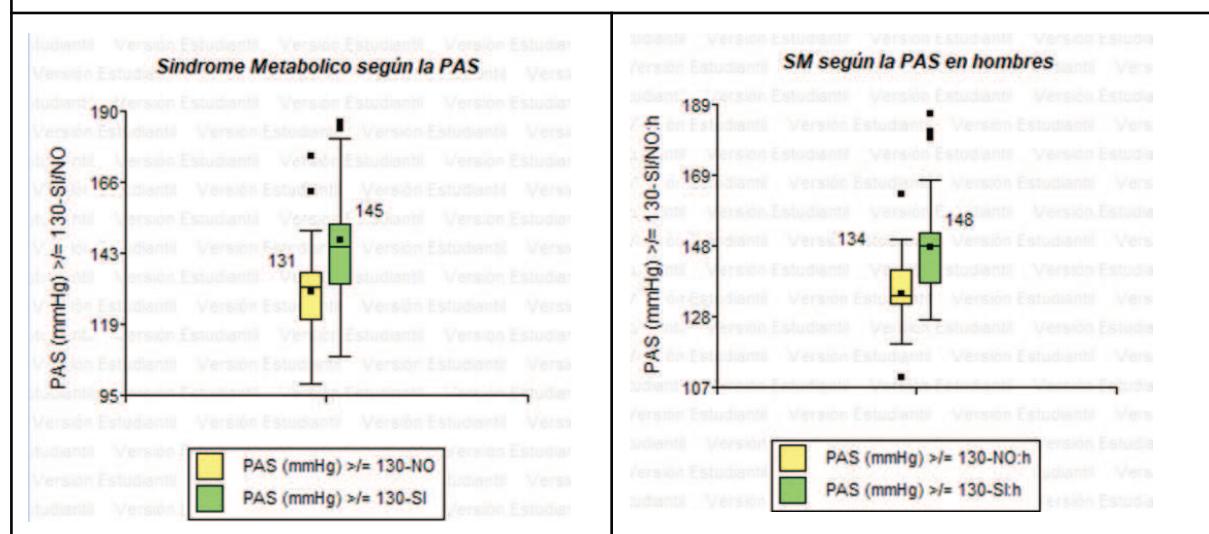
#### 6.4.2.7. Análisis de una justificación del “Perfil C” de estudiantes.

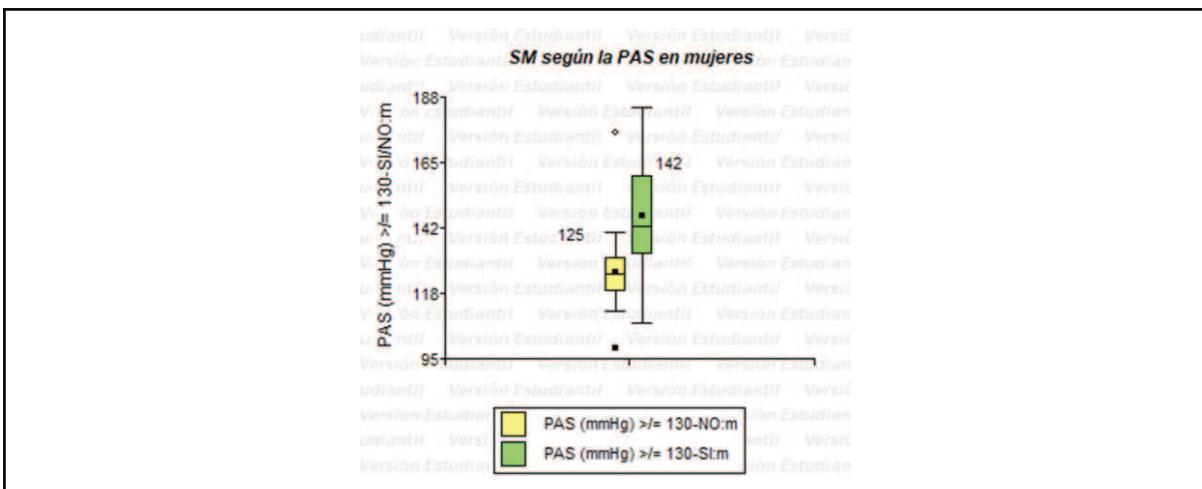
Para este perfil analizaremos las justificaciones del grupo 44 que presentamos en el cuadro 6.12.

**Cuadro 6.12**

#### Respuestas del grupo 44

Luego, al observar la presión arterial sistólica hemos identificado que la mitad de los casos negativos se encuentran por encima del valor límite (130 mmHg), pero sin presentar una diferencia significativa, como las que se consideran medidas atípicas; en cambio los valores de la PAS en el 75% de las personas que presentan el SM se encuentran alterados, evidenciando que dicho factor es significativo para la presencia de la enfermedad.





Para la presentación de los resultados los estudiantes realizaron tres gráficos de caja, el primero de ellos para el total de los casos y los dos respondientes divididos por sexo. En la producción se distinguen las expresiones tanto de elementos de conocimiento como de razonamiento. Por ejemplo, R2 se puede identificar claramente al referirse a la mitad de los casos negativos. Otro aspecto que identifica al elemento es la clara alusión al tercer cuartil “en cambio el 75% de las personas...”

También puede verse la activación del elemento R3 (señal), aunque no utilizan el término “solapamiento de las cajas”, la descripción de “la mitad de los casos negativos se encuentran por encima del valor límite (130 mmHg)” y “el 75% de las personas que presentan el SM se encuentran alterados”, aunque un poco confusa, la afirmación describe implícitamente cómo se posicionan las distribuciones.

El elemento R7 se activa, aunque muy levemente y se identifica al mencionar “medidas atípicas” la cual parece hacer referencia a los valores atípicos, sin embargo no lo describen ni lo integran al contexto.

#### 6.4.2.8. Errores o dificultades identificados en el “Perfil C” de estudiantes.

Para este grupo solo identificamos dos errores. Los mismos se asocian a interpretaciones incorrectas del gráfico de caja, por ejemplo, el grupo 34 afirma que “en las personas con SM más de un 75% está por debajo de ese valor 130 mmHg” y esto es una interpretación errónea del gráfico ya que para las personas del grupo SM/SI el primer cuartil se ubica en 135 mmHg, lo cual significa que el 75% de las personas tienen una PAS superior a 135 mmHg.

#### 6.4.2.9. Análisis de las relaciones entre los elementos de conocimiento y de razonamiento.

En el análisis de las resoluciones para el segundo objetivo del proyecto, evidenciamos diversas interrelaciones entre los elementos de conocimiento estadístico y los componentes del razonamiento inferencial informal. En particular, se destaca una sólida activación de los elementos C1 (Habilidades de Alfabetización) y C2 (Conocimiento Estadístico), los cuales presentan una clara conexión con la correcta formulación de hipótesis (R1). Este vínculo se manifiesta en la capacidad de los estudiantes para realizar comparaciones generales y establecer conjeturas interpretativas sobre la distribución de la presión arterial sistólica (PAS) según la presencia o ausencia de síndrome metabólico (SM).

Del mismo modo, en algunos perfiles, especialmente en los grupos de mejor desempeño, se observó que el dominio de C2 facilitó la activación de otros elementos vinculados al razonamiento como R2 (Resumen), R5 (Muestreo) y R7 (Casos Particulares), aunque de forma parcial o inconsistente. Por ejemplo, los estudiantes fueron capaces de identificar correctamente medidas estadísticas como la mediana y los cuartiles, pero muchos no lograron integrarlas en un análisis más profundo que considerara variabilidad (R4) o posición relativa de las distribuciones (R3).

Por otro lado, la activación mayoritaria en nivel medio de C4 (Conocimiento del Contexto) se refleja en una expresión limitada del elemento R6 (Fundamentación). Si bien algunos estudiantes logran hacer inferencias o suposiciones sobre la relación entre PAS y SM, estas afirmaciones rara vez son contextualizadas o justificadas con argumentos sólidos. Este patrón sugiere una desconexión entre el análisis estadístico y el contexto del problema, limitando así la profundidad interpretativa de las respuestas.

La ausencia casi total del componente C5 (Habilidades Críticas) también encuentra eco en la falta de activación de elementos como R5, y R7. En efecto, la habilidad crítica para cuestionar los datos, proponer interpretaciones alternativas o reflexionar sobre el impacto del tamaño muestral no se manifiesta en las respuestas de los estudiantes. Esta carencia afecta la calidad del razonamiento estadístico, que se ve reducido a un ejercicio técnico sin profundidad argumentativa.

Finalmente, las producciones analizadas evidencian que, aunque los estudiantes logran movilizar conocimientos básicos de alfabetización estadística (C1 y C2), estas habilidades no siempre se traducen en formas de razonamiento más complejas. Las conexiones entre elementos, como las que deberían existir entre C2 y R3/R4/R7, no se consolidan, lo que puede deberse tanto a limitaciones conceptuales como a decisiones metodológicas adoptadas durante la resolución de la tarea. Esta disociación entre conocimiento y razonamiento representa un desafío importante.

Estos resultados se alinean con una tendencia ya documentada en la literatura sobre educación estadística: los estudiantes, suelen dominar aspectos procedimentales, como la lectura de gráficos o el cálculo de medidas, pero presentan dificultades al momento de desarrollar un razonamiento crítico y contextualizado.

Este patrón ha sido reportado por Inzunza & Serrano (2022), quienes, en su estudio con estudiantes de nivel medio superior, identificaron bajos niveles de alfabetización y razonamiento estadístico, destacando la escasa presencia de actitudes críticas, atribuida principalmente a una enseñanza centrada en fórmulas y algoritmos. Similarmente, García-García et al. (2022) señalan que los estudiantes tienden a operar con un razonamiento “uniestructural”, limitado a una sola idea, sin establecer conexiones entre distintos aspectos del análisis.

No obstante, a diferencia de los trabajos mencionados, nuestros estudiantes al evidenciar un dominio más consolidado de las habilidades de alfabetización, son capaces de movilizar y articular diversos componentes de razonamiento. Esta diferencia podría atribuirse al enfoque pedagógico adoptado en el presente estudio, sugiriendo que las metodologías activas, centradas en la resolución de problemas reales, favorecen el desarrollo de formas de razonamiento más complejas en comparación con enfoques tradicionales.

## 6.5. Análisis de los elementos observados para el objetivo 3

En esta sección se analiza el abordaje del tercer objetivo del proyecto, orientado a describir el estilo de vida de los individuos con Síndrome Metabólico (SM). Para la resolución de este objetivo se esperaba que los estudiantes construyeran una nueva variable, “Estilo de Vida”,

a partir de la combinación de cuatro hábitos observados en la base de datos: consumo adecuado de frutas y verduras, actividad física, consumo de alcohol y tabaquismo.

Una vez creada esta nueva variable, el análisis debía restringirse únicamente a los casos con SM, y representarse mediante un gráfico univariado o una tabla que complemente la descripción.

Además del análisis, se esperaba que los estudiantes contextualizaran e interpretaran los resultados obtenidos, formulando posibles explicaciones para los patrones observados, reconocimiento de las limitaciones del análisis (como posibles sesgos muestrales), y planteando conjeturas sobre el vínculo entre estilo de vida y el SM, incluso para la población general.

Antes de iniciar el análisis del tercer y último objetivo propuesto para esta primera parte del proyecto, consideramos pertinente justificar el cambio metodológico adoptado en esta sección. En el análisis de los objetivos previos, la identificación de perfiles de respuesta resultó valiosa para distinguir patrones diferenciados entre los grupos de estudiantes. Sin embargo, a medida que las habilidades analizadas se fueron consolidando, las diferencias entre perfiles se volvieron menos evidentes y los patrones de respuestas comenzaron a mostrar una mayor homogeneidad. Por esta razón, en el presente objetivo optamos por omitir la identificación y análisis por perfiles y enfocarnos en caracterizar las expresiones generales observadas en el conjunto de los grupos de cada carrera. Esta decisión busca ajustar el enfoque analítico a la progresión observada en las producciones de nuestros estudiantes.

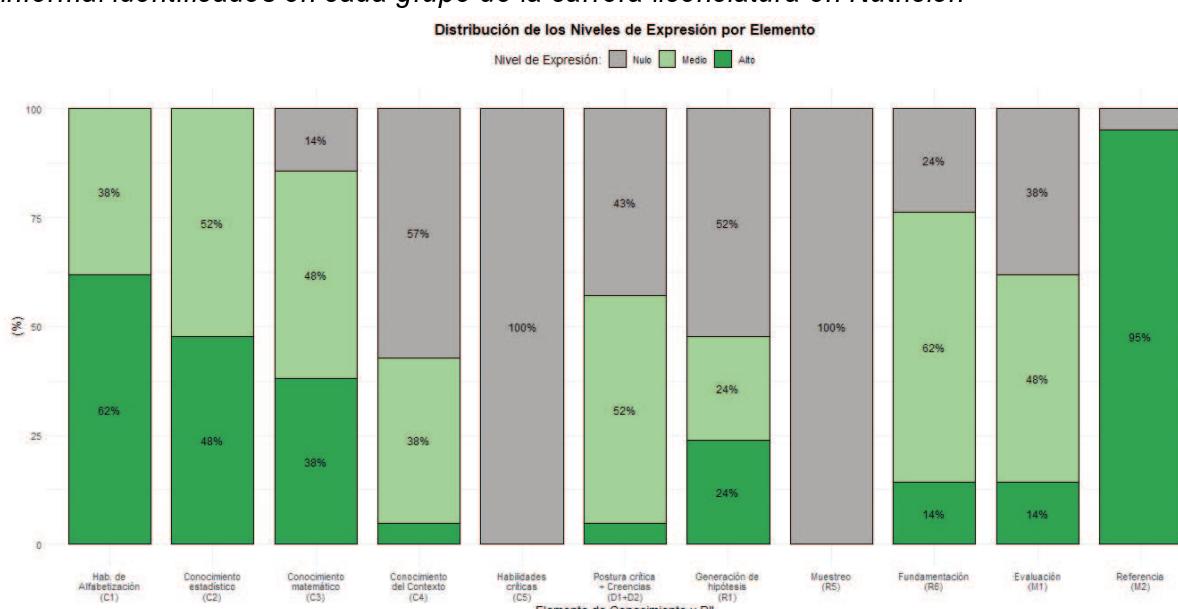
## 6.5.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Nutrición

### 6.5.1.1. Generalidades del desempeño

En la figura 6.12 presentamos las frecuencias con las que se expresaron los diferentes elementos considerados.

**Figura 6.12**

*Niveles de expresión de los elementos de conocimiento y de razonamiento inferencial informal identificados en cada grupo de la carrera licenciatura en Nutrición*



La figura 6.12 muestra un patrón de desempeño que, si bien evidencia fortalezas en ciertas habilidades básicas de alfabetización estadística, destaca también importantes limitaciones en componentes que involucran procesos cognitivos más complejos.

En primer lugar, se destaca un dominio relativamente sólido en los elementos C1 (Habilidad de Alfabetización) y C2 (Conocimiento Estadístico), con un 62 % y 48 % de expresión en nivel alto, respectivamente. Estos resultados sugieren que la mayoría de los estudiantes logró interpretar adecuadamente los gráficos y los conceptos estadísticos elementales que aplicaron para la resolución de la propuesta planteada. Asimismo, M2 (Referencia) muestra al 95 % de los grupos en el nivel más alto, lo que indica una buena capacidad para asociar los resultados al contexto del problema.

Sin embargo, al observar el comportamiento de los elementos vinculados al razonamiento informal, se evidencian algunas dificultades. En el caso de R1 (Generación de Hipótesis), si bien se observa un desempeño aceptable con un 24 % en nivel alto y medio, en el 54 % restante no se detectaron indicadores de su activación, esto sugiere que aún persiste una proporción importante de estudiantes con dificultades para razonar sobre las tendencias generales de los resultados.

Una situación llamativa que, si bien ya habíamos observado previamente, se evidencia en C5 (Habilidades Críticas) y R5 (Muestreo), ambos con niveles de expresión nulos en el 100 % de los casos. Esto refleja, en este grupo de estudiantes, una notoria ausencia de cuestionamientos sobre la calidad de los datos y reflexiones sobre el tamaño muestral, lo cual debilita el desarrollo de una mirada estadística reflexiva. Asimismo, C4 (Conocimiento del Contexto) no fue identificada en más de la mitad de los grupos (57 %), lo que evidencia dificultades para contextualizar adecuadamente los hallazgos en el marco del problema.

También se identifican debilidades en D1+D2 (Postura Crítica y Creencias), donde solo el 5 % alcanza el nivel alto de expresión y un 43 % lo hace en nivel medio. Aunque se trata de una mejora respecto a C5, parecieran ser insuficientes para dar cuenta de una mirada crítica-reflexiva sobre la información estadística.

Finalmente, el desempeño en M1 (Evaluación) y R6 (Fundamentación) refleja una situación intermedia. En ambos casos, las expresiones se distribuyen entre niveles bajo, medio y alto, con una concentración en los niveles medio (48 % y 62 % respectivamente). Esto indica que si bien los estudiantes comienzan a incorporar la formulación de explicaciones contextuales y a reflexionar sobre sus resultados, estas habilidades aún no están plenamente consolidadas.

En conjunto, estos resultados sugieren que, si bien, estos estudiantes logran desenvolverse con cierta soltura en tareas técnicas básicas, patrón ya observado previamente, presentan desafíos importantes al momento de adoptar una postura crítica, fundamentar sus afirmaciones o reflexionar sobre el proceso analítico.

El análisis comparativo de los resultados obtenidos a lo largo de los tres objetivos evaluados muestra una evolución heterogénea en las habilidades estadísticas de los estudiantes, con un claro predominio de las técnicas básicas, pero con dificultades persistentes en dimensiones más complejas del razonamiento estadístico.

En primer lugar, se evidencia un desempeño sostenido en los elementos C1, C2 y C3, los cuales fueron activados de manera consistente en niveles altos a lo largo de los tres objetivos propuestos. Esta regularidad indica que los estudiantes fueron capaces de consolidar las habilidades fundamentales asociadas a la lectura de gráficos, el uso de

terminología estadística y el manejo de conceptos básicos. Consistentemente con lo observado en el objetivo 2, Garfield & Ben-Zvi (2008) señalan que los gráficos de caja constituyen una representación particularmente potente para facilitar la comparación entre grupos, ya que permiten visualizar simultáneamente diferentes medidas. Aunque estos gráficos pueden resultar difíciles de interpretar al inicio, su estructura visual favorece la comprensión de aspectos técnicos clave del análisis estadístico, lo cual podría explicar parte del sólido desempeño observado en estas habilidades.

Sin embargo, este patrón de fortaleza contrasta con lo observado en C4, donde observamos un marcado retroceso: mientras que en el primer objetivo un 48 % de los estudiantes lo expresó en nivel alto, esta proporción cayó a sólo un 5 % en los dos objetivos siguientes. Esta disminución podría explicarse por una creciente focalización en los procedimientos técnicos por sobre el análisis contextual, tal como lo han advertido Garfield & Gal (1999), quienes señalan que, frente a tareas analíticas complejas, los estudiantes tienden a centrar sus esfuerzos en lo técnico-operativo, descuidando la reflexión contextual.

Una caída aún más pronunciada se observó en C5 (Habilidades Críticas), cuya activación pasó de niveles aceptables en el primer objetivo a un 100 % de expresión nula en los objetivos 2 y 3. Un patrón similar se registra para D1+D2 (Postura Crítica y Creencias), aunque en este último componente se evidenció una leve recuperación en el presente objetivo. Estos resultados reflejan una limitada disposición a cuestionar la validez de los datos, considerar fuentes de error o plantear explicaciones alternativas, lo cual es consistente con los hallazgos de delMas et al. (2007), quienes subrayan que el desarrollo del pensamiento crítico en estadística requiere experiencias sostenidas de análisis contextualizado y reflexión argumentativa, lo cual muchas veces no está suficientemente promovido en tareas centradas en lo descriptivo, aspecto que también resulta interesante para ser tenido en cuenta para el diseño de futuras propuestas pedagógicas.

En cuanto a los elementos del razonamiento, se destaca el comportamiento del componente R1 (Generación de Hipótesis), cuya expresión varió de forma significativa: pasó de una escasa activación en el objetivo 1 a un 90 % en nivel alto en el objetivo 2, para luego descender nuevamente al 24 % en el objetivo 3. Esta oscilación podría deberse, en parte, al tipo de tarea propuesta: en el segundo objetivo, el análisis comparativo de distribuciones ofrecía un contexto mucho más claro para conjeturar, comparar o generalizar, mientras que en el tercer objetivo ésto pudo haberse percibido como menos evidente. Tal como sugiere Zieffler et al. (2008), la activación del razonamiento informal depende en gran medida del diseño de la tarea y del grado en que esta invite a establecer relaciones e interpretaciones más allá de la simple descripción.

En contraste, los elementos R6 (Fundamentación), M1 (Evaluación) y M2 (Referencia) presentaron un patrón más estable, con expresiones distribuidas predominantemente en los niveles medio y alto a lo largo de los tres objetivos. Esta consistencia sugiere una capacidad sostenida para justificar afirmaciones, establecer vínculos con el problema de estudio y proponer interpretaciones alternativas, aunque no siempre con el nivel de profundidad aceptable.

Un caso particular lo constituye el elemento R5 (Muestreo), cuya expresión mostró una disminución progresiva: de niveles aceptables en el primer objetivo a un 100 % de expresión nula en el tercero. Esta caída podría explicarse, al menos parcialmente, por la naturaleza de la propuesta, ya que se trabajó siempre con la misma muestra. En este sentido, es posible que muchos estudiantes consideraran redundante volver a discutir las implicancias de la

aleatoriedad y el tamaño muestral, asumiendo que dicha reflexión ya había sido realizada en etapas anteriores, esto se puede verificar observando las figuras 6.2 y 6.8 donde casi la totalidad de los grupos analizados ya habían activado el elemento. Este comportamiento, además de lógico, parece respetar una conducta descrita por Konold et al. (2002), quienes señalan que los estudiantes tienden a desactivar componentes del pensamiento estadístico si no encuentran una justificación inmediata para su aplicación.

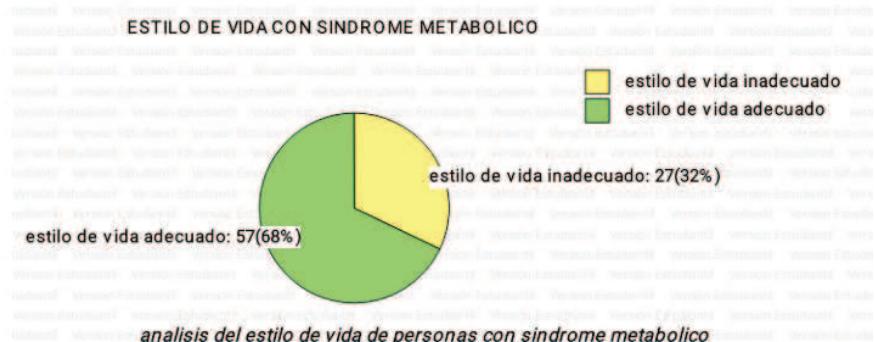
El análisis integrado de los tres objetivos muestra una progresiva consolidación de habilidades técnicas, pero también una tendencia hacia la simplificación del análisis y la pérdida de profundidad interpretativa en etapas sucesivas del análisis.

#### 6.5.1.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de licenciatura en Nutrición

A continuación realizaremos el análisis de una de las justificaciones prototípicas que hemos seleccionado para la resolución de este objetivo. En el cuadro 6.13 presentamos las respuestas del grupo 3.

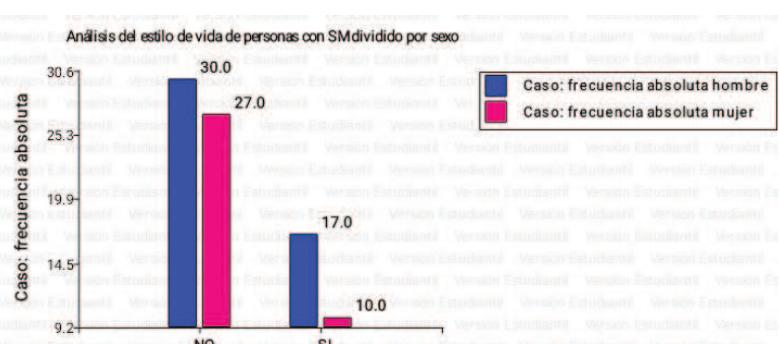
**Cuadro 6.13**

*Respuestas del grupo 3*



**Grafico 3.1.**

En este grafico de torta podemos observar que el 68% de personas que tienen síndrome metabólico contienen un estilo de vida adecuado y el 32% de personas con síndrome metabólico tiene un estilo de vida inadecuado.



**Gráfico 3.2.**

En este gráfico de barra podemos observar que el 30% de los hombres tiene un estilo de vida adecuado a diferencia de un 17% de los hombres tienen un estilo de vida inadecuado; y el 27% de las mujeres tienen un estilo de vida adecuada; mientras que un 10% tienen un estilo de vida inadecuado.

Se observa que hay más porcentaje de hombres con estilo de vida adecuado que poseen SM y mayor porcentaje de mujeres con estilo de vida adecuado que poseen SM, esto podría sugerir que hay personas que padecen el síndrome metabólico y por tanto toman medidas en sus estilos de vida saludables para mejorar su calidad de vida.

Podemos agregar, que la diferencia entre los porcentajes de hombres y mujeres que presentan el SM y estilos de vida adecuados podría suponer que existen factores específicos de género que influyen en esta relación.

Como se puede observar, la producción es muy completa y estructurada. Los estudiantes realizaron un tratamiento adecuado de los datos, acompañando su análisis con representaciones gráficas pertinentes, entre las que se incluyen gráficos de sectores y de barras. Esta elección, junto con la correcta utilización de frecuencias absolutas y relativas, evidencian la activación clara y en nivel alto de los elementos C1, C2, C3 y C4.

Si bien la interpretación del gráfico 3.2 es un tanto confusa, el resto del desarrollo revela un dominio adecuado de habilidades técnicas y un intento por ir más allá de una simple descripción. Expresiones como “*esto podría sugerir que hay personas que padecen el síndrome metabólico y por tanto toman medidas...*” o “*a diferencia de...*”, muestran una postura activa de comparación y generalización, lo que permite reconocer la activación del elemento R1 (Generación de Hipótesis).

Asimismo, se identifica el componente D1+D2 (Postura Crítica y Creencias), reflejados en frases como “*esto podría sugerir*” o “*podemos agregar que..*”, implican una comparación reflexiva de los resultados y una valoración crítica del fenómeno observado. En línea con esto, también se activa el componente R6 (Fundamentación), especialmente cuando los estudiantes proponen explicaciones alternativas vinculadas a factores socioculturales y biológicos que podrían influir diferencialmente en hombres y mujeres con relación al síndrome metabólico.

Finalmente, se observan expresiones que indican la activación de los moderadores M1 y M2, distinguibles a través del uso de términos matizados como “*podría*”, “*en parte*”, o “*probablemente*”, lo cual refuerza la actitud crítica frente a la información disponible y marca una disposición a considerar la incertidumbre propia del análisis estadístico.

#### 6.5.1.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en este grupo de estudiantes.

Entre los errores o dificultades observadas en las producciones de este grupo de estudiantes encontramos que una de las que ocurrió con mayor frecuencia fue la incapacidad para abordar el objetivo. En este sentido, muchos grupos no pudieron determinar la variable “estilo de vida” y en su lugar se limitaron a describir las variables constitutivas del mismo de manera individual.

Otro error observado fue la inversión de los resultados, algunos grupos, asignaron los porcentajes correctos a las etiquetas opuestas, afirmando, erróneamente, que la mayoría de las personas con SM tenían un estilo de vida poco saludable, cuando los resultados

indicaban lo contrario. Este error pudo verse promovido justamente por estos resultados aparentemente contraintuitivos de la variable “estilo de vida”.

Finalmente, en dos grupos se observó la desconexión entre los resultados y las conclusiones. Un grupo, por ejemplo, presentó correctamente el hallazgo contraintuitivo, pero luego concluyó que “*un estilo de vida adecuado... reduce el riesgo*”, una afirmación que no se deriva lógicamente del hallazgo presentado. Esto podría evidenciar una dificultad para pensar estadísticamente y en su lugar recurrir a conocimientos previos generales sobre salud de las personas.

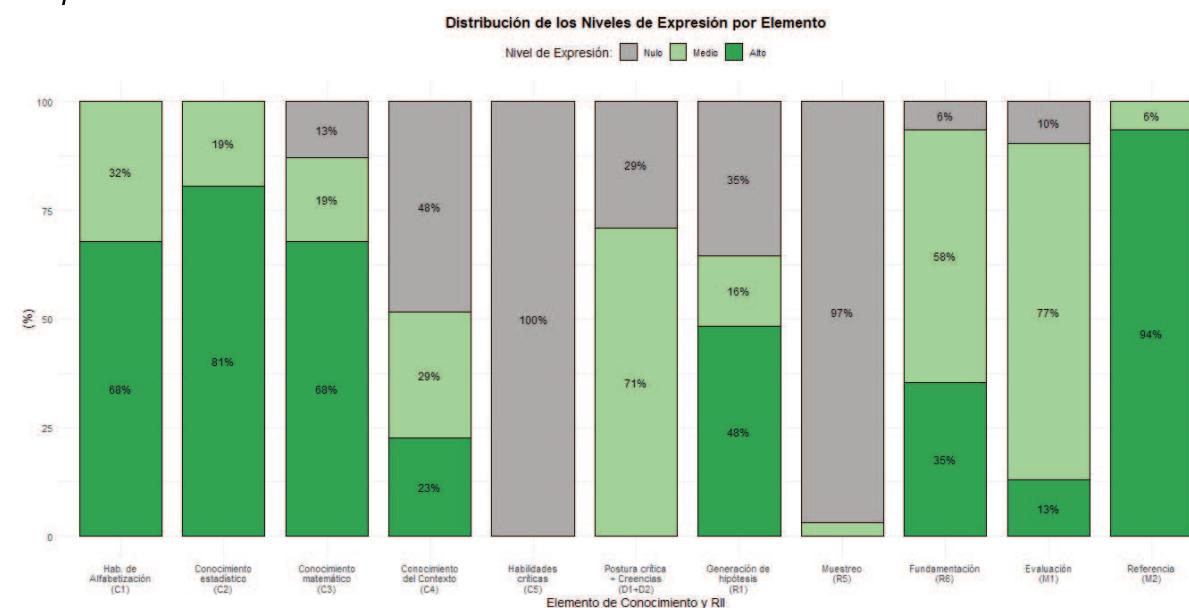
## 6.5.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica.

### 6.5.2.1. Generalidades del desempeño.

En la figura 6.13 presentamos las frecuencias con las que se expresaron los diferentes elementos considerados.

**Figura 6.13**

*Niveles de expresión de los elementos de conocimiento y de razonamiento inferencial informal identificados en cada grupo de las carreras licenciatura en Biotecnología y Bioquímica*



La anterior figura muestra la distribución de los niveles de expresión de los diferentes elementos de conocimiento y razonamiento estadístico para el tercer objetivo del proyecto. En esta instancia, se observa una tendencia general similar a la de los objetivos anteriores para los estudiantes de las mismas carreras, caracterizados por un sólido desempeño en los elementos de alfabetización más básicos, pero con algunas debilidades en habilidades asociadas a la crítica y al razonamiento contextual.

En primer lugar, se observa un buen desempeño en los aspectos técnicos fundamentales. Los componentes C1 (Habilidad de Alfabetización), C2 (Conocimiento Estadístico) y C3 (Conocimiento Matemático) presentan altos niveles de expresión, con 68 %, 81 % y 68 % respectivamente en el nivel alto. Estos resultados indican una marcada consolidación de habilidades básicas como la lectura de gráficos, el uso de terminología estadística y el manejo de procedimientos cuantitativos. Comportamiento ya descrito previamente y documentado por Garfield & Ben-Zvi (2008).

Contrariamente, se evidencian algunas dificultades al momento de activar las habilidades críticas, por ejemplo, el elemento C5 (Habilidades Críticas) presenta un 100 % de expresión nula, indicando una ausencia de cuestionamientos o reflexiones sobre la validez de los datos. Asimismo, C4 (Conocimiento del Contexto) muestra un comportamiento relativamente bueno con la mayoría de los estudiantes expresando las componentes en niveles medio o alto, sugiriendo una posible consolidación de las capacidades para integrar el contenido estadístico con el contexto del problema.

En cuanto a los componentes del razonamiento informal, se destacan algunos avances. El elemento R1 (Generación de Hipótesis) alcanza un 48 % de expresión en nivel alto y un 35 % en nivel medio, lo que sugiere que una parte importante de los estudiantes logró formular conjeturas basadas en la evidencia disponible. Este comportamiento marca una mejora respecto de observaciones realizadas en el análisis del primer objetivo, donde su activación había sido escasa.

Otros elementos muestran desempeños más moderados, como M1 (Evaluación), con un 77 % de expresión en nivel medio y 13 % en nivel alto, lo que indica cierta tendencia a efectuar conclusiones pero sin profundizar demasiado en sus justificaciones. Por su parte, R6 (Fundamentación) evidencia una mejoría relativa, con un 35 % en nivel alto y un 58 % en nivel medio, lo que refleja un esfuerzo mayor por vincular los resultados con posibles explicaciones contextuales o alternativas.

Finalmente, se observa una activación sostenida del componente M2 (Referencia), con un 94 % en nivel alto, lo que refuerza la idea de que los estudiantes son capaces de vincular adecuadamente los resultados al contexto planteado, aunque esta habilidad aún no se articule con la postura crítica ni con el análisis reflexivo.

Al integrar el análisis de los tres objetivos observamos un comportamiento similar al observado para los estudiantes de licenciatura en nutrición, sin embargo destacaremos algunas particularidades observadas en este grupo.

En primer lugar, podemos notar una consolidación de los elementos C1 (Habilidad de Alfabetización), C2 (Conocimiento Estadístico), C3 (Conocimiento Matemático) y C4 (Conocimiento del Contexto). A lo largo de los tres objetivos, estos elementos fueron activados mayoritariamente en niveles medio y alto, reflejando un dominio progresivo de las habilidades básicas vinculadas a la lectura e interpretación de gráficos, uso adecuado de conceptos y comprensión contextual de las variables.

En contraste, los elementos C5 (Habilidades Críticas) y D1+D2 (Postura Crítica y Creencias) muestran una expresión prácticamente nula en los tres objetivos, con la excepción de D1+D2 en el objetivo 3, donde se observa una recuperación particularmente en el nivel medio. Esta falta de activación sugiere una dificultad persistente para incorporar una mirada reflexiva y argumentativa sobre los datos, lo que refuerza la idea de que el pensamiento crítico en estadística no se desarrolla de forma espontánea, sino que requiere experiencias prolongadas en interpretación y contextualización.

El comportamiento del elemento R1 (Generación de Hipótesis) muestra una mejoría significativa a lo largo del proceso. Si bien en el primer objetivo solo un 26 % de los grupos lo activó en nivel alto, este porcentaje aumentó considerablemente en los objetivos posteriores, alcanzando un 48 % en este tercer objetivo. Este patrón puede estar vinculado al efecto de entrenamiento acumulado y a una mayor familiaridad con los recursos gráficos, lo que facilita la formulación de conjeturas fundamentadas.

Un caso particular es el del componente R5 (Muestreo), que muestra un comportamiento decreciente: mientras en los primeros objetivos se detectaban niveles aceptables de expresión, en el objetivo 3 un 97% de los grupos no lo activó. Este resultado podría explicarse, como se ha discutido previamente, por la percepción de redundancia: al tratarse de la misma muestra en todas las etapas del proyecto, los estudiantes probablemente asumieron que ya no era necesario volver a justificar o discutir el impacto del tamaño muestral.

Finalmente, los elementos R6 (Fundamentación) y M1 (Evaluación) muestran una leve mejoría en los niveles altos de expresión, lo que sugiere un avance en la capacidad de los estudiantes para formular explicaciones alternativas y evaluar críticamente los resultados obtenidos. Aunque estos avances aún no son tan marcados, podrían interpretarse como indicadores tempranos de una correcta transición hacia formas más maduras de razonamiento estadístico como el razonamiento inferencial formal.

#### 6.5.2.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica.

A continuación realizaremos el análisis de una de las justificaciones prototípicas que hemos seleccionado para la resolución de este objetivo. En el cuadro 6.14 presentamos las respuestas del grupo 22.

**Cuadro 6.14**

*Respuestas del grupo 22*

| <i>Frecuencias absolutas</i>            |           |                   |
|---|-----------|-------------------|
| <i>En columnas: SINDROME METABOLICO</i> |           |                   |
| <i>Estilo Vida inadecuado</i>           | <i>SI</i> | <i>Porcentaje</i> |
| No                                      | 57        | 67,86             |
| Si                                      | 27        | 32,14             |
| <b>Total</b>                            | <b>84</b> | <b>100,00</b>     |

Las tablas nos proporcionan la información de que 57 personas de 84 (67,86%) que padecen de SINDROME METABOLICO, NO tienen un estilo de vida INADECUADO.

Las mismas no proporcionan la información de que 27 personas de 84 (32,14%) que padecen de SINDROME METABOLICO, SI tienen un estilo de vida INADECUADO.

El parámetro de ESTILO DE VIDA INADECUADO se obtuvo teniendo en cuenta las variables: Consumo adecuado de Frutas y Verduras (NO); Actividad Física adecuada (NO); Consumo alcohol (SI); Fuma (SI). Aquellas personas que cumplen con 3 de 4 de estas variables se consideran personas con ESTILO DE VIDA INADECUADO.

De lo observado en la tabla podemos deducir que llevar un estilo de vida inadecuado no conlleva a presentar SM. Ya que el 67,86% no llevan un estilo de vida inadecuado y solo el 32,14% lleva un estilo de vida inadecuado

Como se puede observar, la producción es clara y se enfoca directamente al punto central del objetivo. Al presentar frecuencias absolutas y relativas correctas, junto con las expresiones "SÍNDROME METABÓLICO" "estilo de vida inadecuado" dan cuenta de la utilización de los elementos C1, C2 y C3.

El texto también revela la activación de los elementos R1, R6, M1 y por supuesto M2. Expresiones como "De lo observado en la tabla podemos deducir que llevar un estilo de vida inadecuado no conlleva a presentar SM" puede interpretarse como una generalización.

La reflexión sobre el significado de los porcentajes para la relación (o falta de causalidad directa) entre el estilo de vida y SM, indican claramente utilización de la Justificación (R6)

#### 6.5.2.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en este grupo de estudiantes.

El análisis de las producciones de este grupo, mostró una serie de errores y dificultades que tuvieron los alumnos al momento de resolver esta actividad.

En primer lugar y, al igual que para los estudiantes de nutrición observamos que muchos individuos realizaron una interpretación diferente del objetivo. Por ejemplo, los grupos 13, 15, 17 y 45, describieron las variables que componían el estilo de vida sin llegar a construir ni analizar dicha variable “estilo de vida”.

Otro grupo de estudiantes mostraron errores relacionados a la extracción de resultados de un resumen, concretamente, se observó en los grupos 5, 23 y 27 una atribución incorrecta de los porcentajes, error que ya hemos descrito previamente.

Finalmente se identificó un grupo de producciones que se caracterizó por su superficialidad y calidad de las argumentaciones. Algunos grupos (1, 11, 33, 34) presentaron respuestas breves, sin desarrollo ni contextualización. Aunque las respuestas eran correctas en carecían de justificación numérica o análisis reflexivo.

#### 6.5.2.4. Análisis de las relaciones entre los elementos de conocimiento y de razonamiento.

A partir del análisis de las producciones para el tercer objetivo del proyecto, se identifican algunas relaciones entre los componentes de conocimiento (C1–C5) y los del razonamiento estadístico (R1–R6, M1, M2), lo que permite profundizar en la comprensión del desempeño observado.

En primer lugar, se evidencia una fuerte asociación entre las habilidades de alfabetización (C1) y la generación de hipótesis (R1). La correcta lectura de gráficos y el uso adecuado de frecuencias y porcentajes, aparecen frecuentemente en producciones que formulan conjeturas o interpretaciones generales basadas en los datos.

Por otro lado, el conocimiento estadístico (C2), activado de manera sólida en todos los grupos, muestra una relación limitada con otro elemento con cual se vincula teóricamente R5 (Muestreo). Si bien los estudiantes utilizan correctamente términos estadísticos y procedimientos, la reflexión sobre el tamaño muestral, sin embargo esto puede deberse a razones ya expuestas.

En cuanto al conocimiento del contexto (C4), si bien su activación se dió en forma parcial, observamos una clara articulación con el elemento R6 (Fundamentación) con quien se relaciona teóricamente. Esta relación pudo verse favorecida cuando los estudiantes incorporaron factores socioculturales o de género para justificar hallazgos contraintuitivos del problema, lo propiciando así una interpretación más rica y contextualizada de los resultados. Esta relación fue mas evidente en los estudiantes de Bioquímica y Biotecnología que presentaron las mejores relaciones (en términos de calificaciones) en estos dos elementos.

En general, los resultados muestran un claro vínculo entre las habilidades técnicas básicas, especialmente aquellas vinculadas a C1 y C2, y que en algunos casos lograron proyectar esas habilidades hacia elementos de razonamiento como R1 y R6 principalmente. Sin

embargo, las interacciones más profundas entre los componentes técnicos y las dimensiones críticas o inferenciales del pensamiento estadístico aún no terminan de consolidarse de forma consistente.

## 6.6. Análisis de los elementos observados para el objetivo 1 de la parte II del Proyecto.

En esta sección analizaremos cómo resolvieron los estudiantes el primer objetivo de la segunda parte del proyecto, al que, a partir de ahora, denominaremos Objetivo 4, centrado en el análisis inferencial. Antes de abordar el estudio de las producciones, presentaremos una breve descripción de los principales contenidos que se esperaban en las respuestas.

El objetivo planteado fue: “*Estimar la proporción de sujetos con estilo de vida saludable con y sin síndrome metabólico (SM)*”. Esta consigna fue diseñada con la intención de introducir a los estudiantes en el razonamiento inferencial, a través de una tarea que, esperábamos, fuera sencilla de resolver. El abordaje esperado incluía la identificación de las variables involucradas, la estimación de proporciones para ambos grupos (con y sin SM), y la formulación de una conclusión contextualizada que permitiera evaluar si la diferencia observada era estadísticamente significativa. Para ello, se preveía el uso de herramientas inferenciales ya trabajadas previamente: intervalos de confianza y pruebas de hipótesis bilaterales.

Adicionalmente, en la respuesta “óptima”, contemplamos la posibilidad de que algunos estudiantes pudieran retomar las conjecturas formuladas en el objetivo anterior (Objetivo 3). En este sentido, una respuesta “integrada” debería articular los resultados obtenidos en esta instancia con los saberes previos, evidenciando así un proceso reflexivo de interpretación contextual.

A partir de estas consideraciones, presentaremos a continuación el análisis de las respuestas estudiantiles para este objetivo.

### 6.6.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de Licenciatura en Nutrición

#### 6.6.1.1. Generalidades del desempeño

A continuación, se muestran las frecuencias observadas en los distintos niveles de expresión de cada uno de los elementos de razonamiento inferencial formal que evaluamos.

La figura 6.14 muestra la distribución de los niveles de expresión correspondientes a los tres elementos definidos para el Razonamiento Inferencial Formal (RIF): Identificación (RF1), Lenguaje y Restricciones (RF2) y Toma de Decisión (RF3).

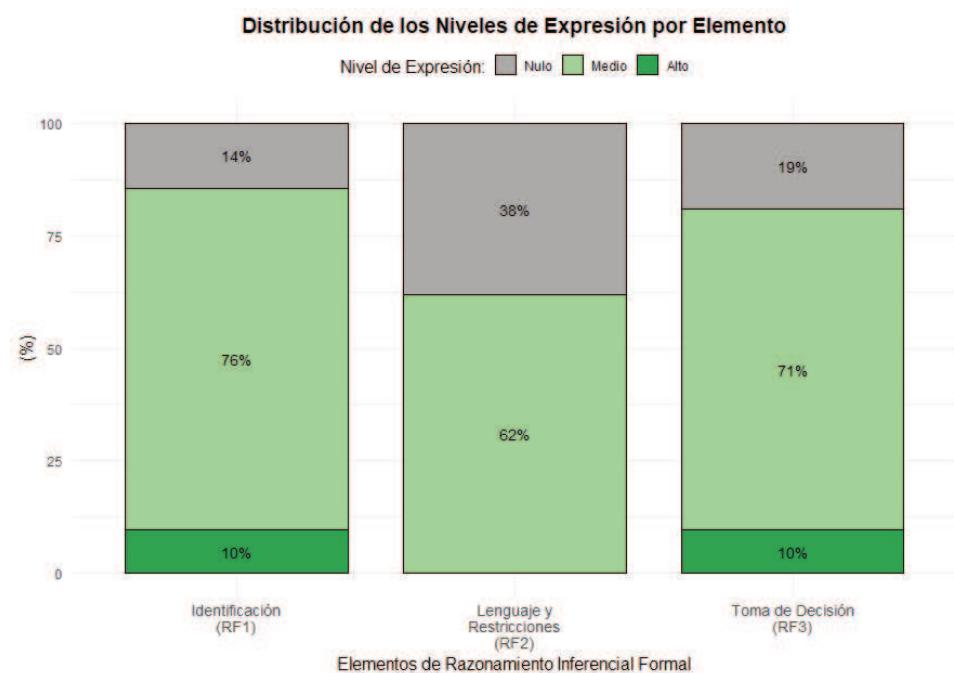
Entre las generalidades que podemos observar, destacamos que los tres elementos muestran un patrón común: una amplia mayoría de estudiantes logra expresiones de nivel medio, mientras que las expresiones en nivel alto son escasas y las expresiones nulas se presentan con diferente frecuencia según el componente. Esto indica que, si bien los estudiantes han logrado activar algunas de las componentes analizadas, se presentan algunas dificultades para el desarrollo de habilidades formales de razonamiento.

En lo que respecta al componente RF1, se observa que fue activado en nivel medio por el 76 % de los grupos, en nivel alto por apenas un 10 %, y no se expresó en el 14 % restante. Estos resultados indican que, si bien la mayoría de los estudiantes logró reconocer que el

objetivo implicaba una comparación entre dos proporciones y, en algunos casos puntuales recurrió al uso de intervalos de confianza como instrumento de análisis, no se evidenció un claro dominio del procedimiento inferencial. En general, las producciones carecieron de referencias a la lógica subyacente de la prueba o los supuestos estadísticos involucrados. Por el contrario, muchos estudiantes respondieron la consigna comparando numéricamente las proporciones observadas y concluyendo en función de esa diferencia, sin usar ningún tipo de argumentación formal. Sugiriendo, que si bien los estudiantes comienzan a familiarizarse con algunos recursos propios del razonamiento inferencial, presentan limitaciones para conceptualizar y justificar el uso de estas herramientas.

**Figura 6.14**

*Niveles de expresión de los elementos de razonamiento inferencial formal identificados en cada grupo de la carrera licenciatura en Nutrición*



En cuanto al componente RF2, se observa que es el que parece presentar mayores dificultades, con un 38 % de respuestas en nivel nulo y un 62 % en nivel medio. Este componente apunta a identificar aspectos más profundos del razonamiento inferencial, como la comprensión de la significancia estadística, el uso del lenguaje simbólico y la capacidad de contextualizar adecuadamente los resultados. La distribución observada resulta coherente con lo analizado previamente: dado que la mayoría de los estudiantes se limitó a una comparación numérica entre proporciones muestrales, es esperable que este tipo de razonamientos no haya exigido necesariamente la activación de este componente. En este sentido, la baja expresión podría no deberse únicamente a una falta de desarrollo conceptual, sino también a la percepción de que estos elementos no eran necesarios para resolver la tarea. La expresión media observada en la mayoría de los casos podría explicarse por intentos de justificación o contextualización que, si bien reflejan cierta intención argumentativa, no se sostienen en el uso de herramientas formales del análisis inferencial.

Finalmente, el componente RF3 (Toma de decisiones) fue activado en nivel medio por el 71 % de los grupos, en nivel alto por un 10 %, mientras que el 19 % restante no lo expresó. En particular este elemento intenta capturar parte de las habilidades simbólicas pero se

centra especialmente en los procesos que desencadenan la toma de decisiones. En este sentido, resulta coherente que un 10 % de los grupos que alcanzaron un nivel alto también hayan mostrado un desempeño similar en RF1, ya que estos estudiantes no solo identificaron correctamente la prueba estadística adecuada, sino que también lograron transitar el proceso hasta arribar a una decisión fundamentada. Por su parte, la expresión en nivel medio observada en la mayoría de los grupos se explica, en gran medida, por intentos de argumentación asociados a proporciones, pero sin una justificación formal que permita interpretar el resultado dentro del marco estructurado de razonamiento.

Como hemos planteado en nuestro marco teórico, el desarrollo del razonamiento inferencial formal no ocurre de manera aislada. Por el contrario, este se construye progresivamente a partir de la consolidación de las habilidades de alfabetización estadística, las cuales dan lugar al razonamiento informal y, en un estadio más avanzado, y si la instrucción prosigue, favorecen la expresión del razonamiento formal. A lo largo de los objetivos previos, si bien advertimos ciertas limitaciones en algunos aspectos del razonamiento informal, también observamos un desempeño aceptable en términos generales, lo que podría anticipar una base relativamente sólida para avanzar hacia niveles de análisis más complejos.

Sin embargo, los resultados observados en este objetivo no parecen sostener esa continuidad. Esto nos lleva a pensar que, tal vez, parte de las dificultades podrían deberse, no tanto a una falta de competencias previas, sino a aspectos relacionados con la estructura de la consigna. En este sentido, la propuesta fue diseñada con la intención de evitar un enfoque conductista, apelando a que los estudiantes activaran herramientas argumentativas ya trabajadas en clase. Sin embargo, la inclusión del término “estime”, podría haber habilitado múltiples interpretaciones. De hecho, la mayoría de los estudiantes optó por realizar estimaciones puntuales, sin avanzar hacia un análisis comparativo o inferencial mucho más robusto.

Otro aspecto que podría explicar el bajo desempeño observado es que probablemente la consigna no fue lo suficientemente clara en el sentido de qué grupos debían ser comparados. Mientras que desde nuestra perspectiva el objetivo implicaba contrastar las proporciones de estilo de vida saludable entre personas con y sin síndrome metabólico, muchos estudiantes abordaron un análisis diferente, enfocándose en la proporción de personas con SM dentro del grupo con estilo de vida saludable. Nuevamente la inversión del condicionante, situación que ya hemos observado previamente y ampliamente descrita. Esta confusión explica casi la totalidad del elevado porcentaje de estudiantes en el nivel medio observado en RF1.

Estos resultados ponen de manifiesto, por un lado, la necesidad de fortalecer la comprensión conceptual de los estudiantes en torno al cálculo de probabilidades condicionales y, por otro, la importancia de revisar y mejorar la formulación de la consigna propuesta para este objetivo. Es fundamental que la redacción de la consigna sea clara y orientadora, de modo que evite confusiones recurrentes y, al mismo tiempo, fomente el uso de herramientas metodológicas pertinentes que permitan responder correctamente a las preguntas planteadas mediante los procedimientos estadísticos adecuados.

#### 6.6.1.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de Licenciatura en Nutrición

A continuación, analizaremos una de las producciones seleccionadas para este objetivo (Cuadro 6.15). La elección del grupo 23 se justifica en que su abordaje se aproxima a la forma en que consideramos que la consigna debía ser resuelta.

**Cuadro 6.15***Respuestas del grupo 23*

| EV ADECUADO | Variable            | Clase FA |
|-------------|---------------------|----------|
| NO          | SINDROME METABOLICO | 1 11     |
| NO          | SINDROME METABOLICO | 2 27     |

Tabla 8. Frecuencias absolutas de estilo de vida adecuado en sujetos sin SM.

Proporción de sujetos con estilo de vida saludable sin SM:  $27/38=0,71$  $IC_{95\%} = [0,566; 0,854]$ 

| EV ADECUADO | Variable            | Clase FA |
|-------------|---------------------|----------|
| SI          | SINDROME METABOLICO | 1 25     |
| SI          | SINDROME METABOLICO | 2 57     |

Tabla 9. Frecuencia absoluta de estilo de vida adecuado en sujetos con SM.

Proporción de sujetos con estilo de vida saludable con SM:  $57/82=0,70$  $IC_{95\%} = [0,601; 0,799]$ 

La probabilidad de encontrar la verdadera proporción (IC 95%) de personas con estilo de vida saludable en ausencia de SM se encuentra entre 0,566 y 0,854. En presencia de SM, la verdadera proporción se encuentra entre 0,601 y 0,799.

En la resolución presentada por los estudiantes, se observa que identifican correctamente la prueba estadística adecuada para responder al objetivo y comprenden qué proporciones deben ser comparadas. No obstante, cometan un error de cálculo al utilizar un denominador ligeramente distinto para la cantidad correspondiente a los sujetos con SM.

A pesar del error, los estudiantes calculan intervalos de confianza del 95 % para ambas proporciones, lo que evidencia un manejo apropiado de las herramientas inferenciales que le permitirán dar respuesta al interrogante planteado. Por esta razón, la hemos clasificado en el nivel alto de expresión para el componente RF1.

La interpretación de los intervalos de confianza presentada por los estudiantes resulta algo confusa y parece reflejar uno de los errores conceptuales más comunes en este tipo de análisis. En particular, la justificación pareciera indicar de que existe una probabilidad del 0,95 de que el parámetro poblacional esté contenido dentro del intervalo calculado.

Tal como advierte Olivo (2008), esta confusión está ampliamente difundida, incluso entre estudiantes universitarios, y fue identificada en su estudio con alumnos de ingeniería. No obstante, desde una perspectiva inferencial adecuada, debe recordarse que la proporción poblacional es un valor fijo y desconocido, por lo tanto, no tiene una probabilidad asociada. El nivel de confianza del 95 % indica que, si se repitiera el muestreo muchas veces, el 95 % de los intervalos construidos a partir de esas muestras contendrían el verdadero valor poblacional.

Por otro lado, los estudiantes no analizan la superposición de los intervalos ni intentan contextualizar sus hallazgos en relación con el problema planteado. Debido a estas limitaciones en la argumentación y en el uso del lenguaje técnico, se ha clasificado esta producción en el nivel medio para el componente RF2 (Lenguaje y restricciones).

Finalmente, en lo que respecta al componente RF3, no se identifican indicadores relevantes. Los estudiantes se limitan a resumir los resultados obtenidos, sin formular una conclusión que explique las diferencias observadas o que permita tomar una decisión estadísticamente fundamentada frente al problema. Por tal motivo, se ha considerado que este componente no fue activado.

#### 6.6.1.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en este grupos de estudiantes

Entre los errores y dificultades más frecuentemente observados en la resolución del objetivo 4 por parte de los estudiantes de la Licenciatura en Nutrición, es posible identificar tres categorías que permiten caracterizar las principales limitaciones conceptuales y metodológicas.

Una de las dificultades más frecuentes estuvo relacionada con el cálculo de las proporciones a comparar. Muchos grupos estimaron la proporción de sujetos con estilo de vida saludable dentro de los grupos con y sin síndrome metabólico (SM), y luego compararon estos valores entre sí, sin advertir que provenían del mismo conjunto de individuos. Esta interpretación incorrecta del objetivo no solo desvirtúa el análisis esperado, sino que además viola el supuesto de independencia necesario para aplicar correctamente técnicas inferenciales.

En segundo lugar, se observó una estrategia de resolución basada en comparaciones exclusivamente numéricas. Muchos grupos, incluso aquellos que interpretaron correctamente la consigna, limitaron su análisis a describir las diferencias entre las proporciones observadas sin utilizar ningún recurso formal que les permitiera dar cuenta de si las diferencias observadas podían ser consideradas estadísticamente significativas. La ausencia de herramientas como los intervalos de confianza o las pruebas de hipótesis impidió sostener las conclusiones obtenidas, reduciendo el análisis a un tratamiento meramente descriptivo.

Por último, se destaca la escasa argumentación presente en la mayoría de las producciones estudiantiles. Las respuestas se caracterizaron por afirmaciones breves, poco elaboradas y sin referencias al contexto del problema o a los supuestos teóricos que podrían justificar las diferencias observadas. Esta falta de profundidad conceptual limitó el uso de los elementos de razonamiento inferencial formal aquí analizados.

#### 6.6.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica

##### 6.6.2.1. Generalidades del desempeño

A continuación, se muestran las frecuencias observadas en los distintos niveles de expresión de cada uno de los elementos de razonamiento inferencial formal que evaluamos.

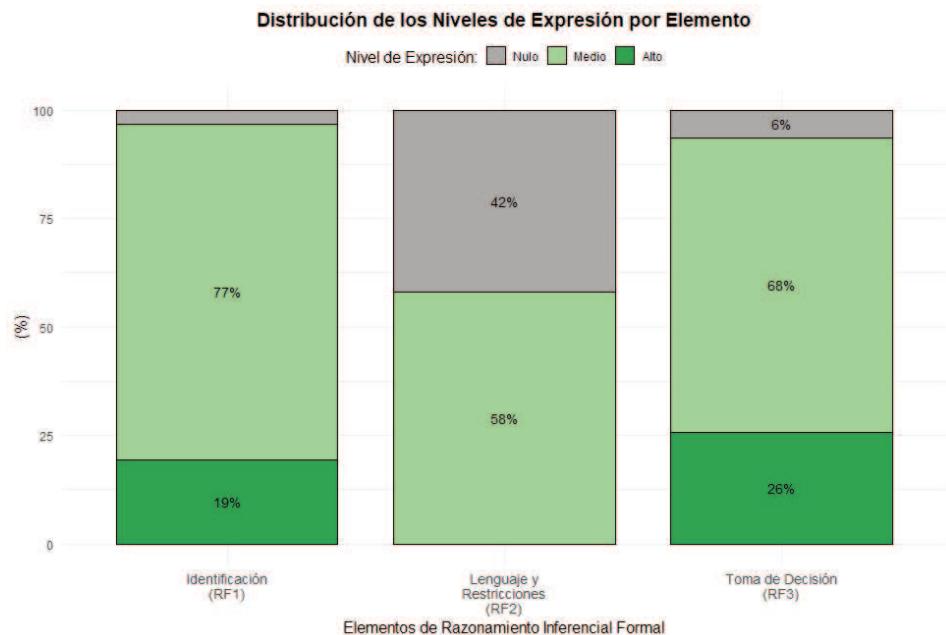
En la figura 6.15 se presenta la distribución de los niveles de expresión alcanzados por los estudiantes para los tres elementos definidos para el Razonamiento Inferencial Formal

A nivel general, se observa una mejora en comparación con gráficos anteriores. Particularmente, dos de los tres elementos evaluados muestran un porcentaje considerable de activación en nivel alto (RF1 y RF3), lo que indica un mayor grado de consolidación de habilidades formales en esta cohorte de estudiantes. A su vez, el nivel medio sigue siendo el más frecuente, aunque en proporciones menores que en instancias previas, y se registra

una disminución de las respuestas clasificadas en nivel nulo, lo cual representa un avance positivo.

**Figura 6.15**

*Niveles de expresión de los elementos de razonamiento inferencial formal identificados en cada grupo de las carreras licenciatura en Biotecnología y Bioquímica*



Al analizar cada componente en detalle, se destaca el desempeño en RF1, que fue activado en nivel medio por el 77 % de los grupos y en nivel alto por un 19 %, mientras que solo el 4 % no lo expresó. Estos resultados reflejan que la gran mayoría de los estudiantes logró identificar adecuadamente que la tarea implicaba una comparación entre proporciones, e incluso numerosos grupos de estudiantes aplicó correctamente herramientas inferenciales como intervalos de confianza, sin embargo, muchos optaron por realizar una comparación numérica de las proporciones calculadas. Estos resultados muestran una clara diferencia respecto a los estudiantes de Licenciatura en Nutrición, particularmente en la cantidad de estudiantes que fueron calificados en el nivel “Alto” que corresponden a los que utilizaron intervalos de confianza.

En lo que respecta al componente RF2, se observa que el 58 % de los grupos alcanzó un nivel medio de expresión, mientras que el 42 % restante no activó este elemento. Esta distribución es muy similar a la observada en el grupo anterior y refuerza algunas de las interpretaciones ya planteadas.

Siguiendo la lógica de la argumentación planteada para el mismo elemento pero para los estudiantes de nutrición, era esperable que algunos de los grupos de estudiantes lograran activar correctamente este componente, especialmente aquellos que no optaron por una estrategia de comparación numérica y que, por lo tanto, se esperaría que mantendrían un abordaje más estructurado desde el punto de vista inferencial. Sin embargo, esto no se evidenció. Los resultados sugieren que, más allá del tipo de estrategia utilizada, quienes si necesitaban recurrir al uso del lenguaje técnico, la significancia estadística o la contextualización de los hallazgos, no lograron hacerlo de forma adecuada, lo que podría estar vinculado a una falta de desarrollo conceptual de estas habilidades.

Por último, el componente RF3 muestra un desempeño relativamente sólido. Un 68 % de los grupos lo expresó en nivel medio y un 26 % en nivel alto, siendo el componente con mayor

proporción de respuestas en nivel alto. Este patrón indica que una parte considerable de los estudiantes no solo logró interpretar los resultados obtenidos, sino también emitir conclusiones basadas en criterios estadísticos. Este comportamiento es coherente con el desempeño observado en RF1 y muestra que, cuando los estudiantes logran identificar correctamente el procedimiento adecuado, son capaces de avanzar hacia una decisión argumentada y pertinente al problema planteado.

#### 6.6.2.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica

En el cuadro 6.16 presentamos las justificaciones elaboradas por el grupo 11, en ella intentamos reflejar algunas de las particularidades analizadas previamente.

**Cuadro 6.16**

*Respuestas del grupo 11*

| Intervalos de confianza             |   |                |                   |         |         |  |
|-------------------------------------|---|----------------|-------------------|---------|---------|--|
| Bilateral<br>Estimación paramétrica |   |                |                   |         |         |  |
| SM(0-1)                             | Variable                                    | Parámetro      | Estimación E.E. n | LI(95%) | LS(95%) |  |
| 0                                   | Estilo de vida adecuado(1-.. Proporción(=1) | Proporción(=1) | 0,69 0,08 36      | 0,52    | 0,84    |  |
| 1                                   | Estilo de vida adecuado(1-.. Proporción(=1) | Proporción(=1) | 0,67 0,05 84      | 0,56    | 0,77    |  |

A partir de la tabla se estima que el 67% de las personas con SM llevan un estilo de vida adecuado. En cuanto a las personas sin SM, se estima que el 69% si llevan un estilo de vida saludable.

En la resolución presentada por el grupo, se observa una adecuada identificación de la prueba estadística correspondiente al objetivo propuesto, así como una correcta determinación de las proporciones a comparar. Además, los estudiantes calculan intervalos de confianza del 95 % para ambas proporciones, lo que demuestra un manejo apropiado de las herramientas inferenciales requeridas. Por estos motivos, esta producción fue clasificada en el nivel alto de expresión para el componente RF1.

No obstante, en la conclusión no se evidencian indicadores que den cuenta de una correcta contextualización de los resultados, ni se utilizan los intervalos calculados para establecer una comparación formal entre las proporciones. Por esta razón, el componente RF2 fue calificado en el nivel más bajo de la escala. Este patrón, reiterado en varios grupos, refuerza lo observado previamente: los estudiantes acceden a herramientas inferenciales pertinentes, pero no logran integrar sus resultados en un análisis contextualizado.

Finalmente, el componente RF3 no se expresa en esta producción. Las argumentaciones se limitan a una descripción de los resultados sin que se observe un proceso argumentativo sólido que permita arribar a una conclusión clara y justificada.

#### 6.6.2.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en este grupos de estudiantes

El patrón de errores detectado en el análisis cualitativo de este grupo de estudiantes fue muy similar al observado en los estudiantes de la Licenciatura en Nutrición para el desarrollo del mismo objetivo. Nuevamente se evidencian dificultades importantes para interpretar correctamente la consigna, lo que derivó en errores en el cálculo de las

proporciones que debían ser comparadas. A esto se suma la presencia de argumentaciones extremadamente simples, en su mayoría descriptivas y sin justificación, lo que limitó significativamente la profundidad del análisis y la activación de componentes clave del razonamiento inferencial.

## 6.7. Análisis de los elementos observados para el objetivo 2 de la parte II del Proyecto

En esta sección analizaremos cómo resolvieron los estudiantes el objetivo 2 de la segunda parte del proyecto, al que denominaremos Objetivo 5, centrado en la comparación de medias. Tal como venimos realizando en todos nuestros análisis, presentaremos una breve reseña de los principales contenidos que se esperaban en las respuestas.

El objetivo planteado fue: “*Evaluar si la presión sistólica elevada, en promedio, es la misma en sujetos con y sin síndrome metabólico (SM)*”. Esta consigna fue diseñada con un doble propósito: por un lado, promover la identificación y aplicación correcta de herramientas paramétricas adecuadas para la comparación de dos grupos independientes, y por otro, fomentar la reflexión crítica sobre los hallazgos obtenidos previamente en el análisis exploratorio (Objetivo 2).

El abordaje esperado requería que los estudiantes pudieran: (1) aplicar un filtro para seleccionar únicamente a los individuos con presión arterial sistólica elevada ( $PASc \geq 130$  mmHg), (2) identificar la prueba estadística pertinente, concretamente, la prueba t para muestras independientes, (3) verificar los supuestos estadísticos requeridos (homogeneidad de varianzas y normalidad), y (4) elaborar una conclusión basada en los resultados obtenidos.

Esta instancia ofrecía, además, una oportunidad para evaluar el grado de formalización alcanzado por los estudiantes, tanto en el uso de lenguaje técnico como en la argumentación basada en evidencia.

Asimismo, se contempló la posibilidad de que algunos grupos pudieran retomar los resultados obtenidos en la etapa exploratoria del Objetivo 2. En este sentido, una “respuesta integrada” implicaría una articulación entre ambos momentos del análisis, evidenciando un proceso de revisión, contraste y validación de las observaciones previas mediante herramientas formales.

### 6.7.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de Licenciatura en Nutrición

#### 6.7.1.1. Generalidades del desempeño

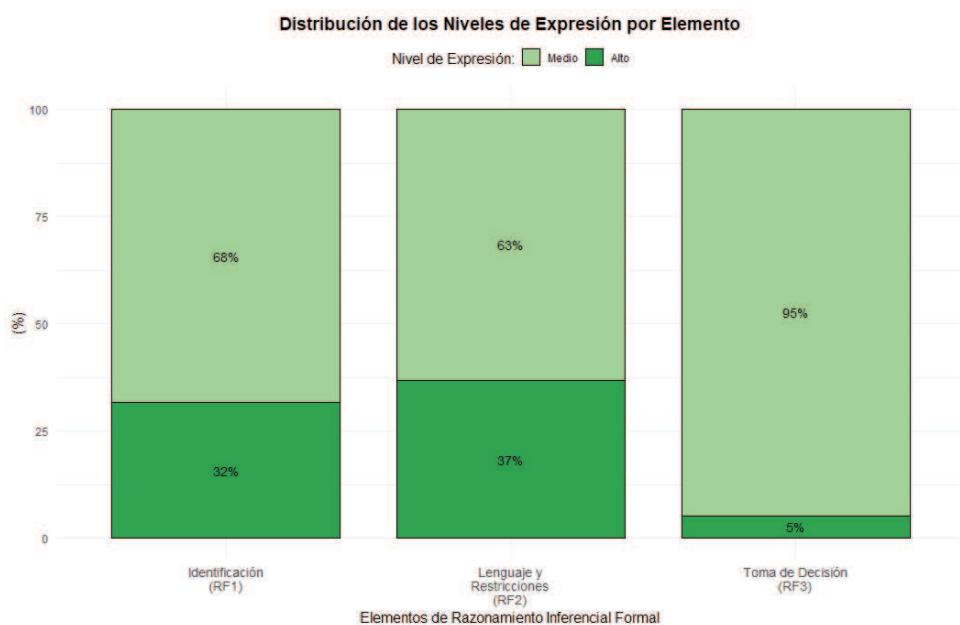
A continuación, presentamos las frecuencias observadas en los distintos niveles de expresión de cada uno de los elementos de razonamiento inferencial formal que evaluamos.

En la figura 6.16 se presenta la distribución de los niveles de expresión correspondientes a los tres elementos que consideramos para la evaluación del RIF.

En primer lugar, los tres elementos muestran una activación generalizada en los niveles medio y alto, y esto contrasta con la falta de expresión en los tres elementos que observamos en el análisis previo. Este comportamiento sugiere una apropiación más sólida de las herramientas inferenciales por parte de los estudiantes, al menos en lo que respecta al abordaje técnico de la consigna.

**Figura 6.16**

*Niveles de expresión de los elementos de razonamiento inferencial formal identificados en cada grupo de la carrera licenciatura en Nutrición*



En lo que respecta al componente RF1, el 68 % de los grupos lo activó en nivel medio y el 32 % alcanzó un nivel alto de expresión. Este patrón evidencia que la gran mayoría de los estudiantes logró reconocer la estructura del problema, identificar adecuadamente la prueba estadística necesaria (prueba t para muestras independientes). Sin embargo en el análisis de contenido de las producciones se observó algunas omisiones en el análisis que resultan importante destacar. Por ejemplo, la mayoría de los grupos omitió en el análisis la verificación de los supuestos de la prueba t (normalidad y homogeneidad de varianza). Este hallazgo resulta llamativo ya que la omisión de una parte tan importantes del análisis puede conducir a una limitación de la validez de los resultados. Sin embargo, tal como lo describen Hoekstra, Kiers & Johnson (2012), esto parece ser una práctica muy habitual en estudiantes e investigadores, en particular, los autores detectaron al analizar una muestra de estudiantes de doctorado en psicología que solo el 12% verificó normalidad, mientras que el 23% lo hizo para homogeneidad de varianzas, resultado que son muy similares a los observados en el presente estudio.

Este hallazgo sugiere que si bien la totalidad de los estudiantes logró identificar la prueba estadística adecuada para dar respuesta al interrogante planteado las decisiones metodológicas adoptadas luego de esto no fueron consistentes con un nivel de razonamiento estadístico sólido y riguroso.

Por su parte, el componente RF2 fue expresado en nivel medio por el 63 % de los grupos y en nivel alto por el 37 % restante. Esta proporción relativamente elevada de respuestas en nivel alto refleja avances en el uso del lenguaje técnico, pero fundamentalmente responden a las argumentaciones que mostraron al momento de rechazar la hipótesis nula del planteo y a la implicancia de ésto en el contexto del problema. Este resultado puede asociarse a un abordaje más consciente de la lógica inferencial y sus aspectos metodológicos. El porcentaje de estudiantes que utilizó el elemento de manera adecuada resulta consistente con lo observado para RF1 denotando a un grupo de estudiantes que evidencian un desarrollo del razonamiento inferencial formal con claros indicios de profundidad

Finalmente, el componente RF3 fue activado casi exclusivamente en nivel medio por el 95 % de los grupos, con apenas un 5 % en nivel alto. Esta concentración sugiere que, si bien la mayoría de los estudiantes logró arribar a una conclusión coherente con los resultados obtenidos, estas conclusiones carecieron en general de profundidad argumentativa. Es decir, las decisiones tomadas fueron técnicamente correctas, pero no siempre estuvieron acompañadas de una interpretación crítica ni de una contextualización adecuada dentro del marco del problema. Además, este elemento reúne indicadores como la expresión simbólica de la hipótesis nula y alternativa y la representación gráfica de las regiones de rechazo y no rechazo de la hipótesis nula. Estos indicadores, que si bien estaban definidos en la metodología de evaluación que adoptamos para nuestro análisis, muchas veces resultan muy útiles al momentos de resolver una prueba de hipótesis de manera manual sin embargo, carecen de significado práctico al momento de realizar un análisis de datos utilizando un programa estadístico específico. A pesar de esto, hemos detectado en nuestro análisis un grupo (minoritario) de estudiantes que expresó correctamente de manera simbólica las hipótesis vinculadas al problema.

En suma, estos resultados reflejan una clara mejora de las habilidades de razonamiento inferencial tanto en particular para este objetivo como en contraste con el anterior para el mismo grupo de estudiantes. Sin embargo, también resulta importante observar que, a pesar de estos avances, aún persisten desafíos en relación con la toma de decisiones fundamentadas y principalmente al desarrollo de una mirada mucho más crítica que permita contextualizar los resultados al problema de estudio. Esta mirada se refuerza también en el hecho de que ninguno de los grupos (para el presente objetivo y el anterior) optó por poner en duda las conjeturas que realizaron al momento de abordar las resoluciones de los objetivos 2 y 3, en particular en esta instancia de la instrucción donde ya disponen de las herramientas inferenciales para hacerlo.

#### 6.7.1.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de Licenciatura en Nutrición

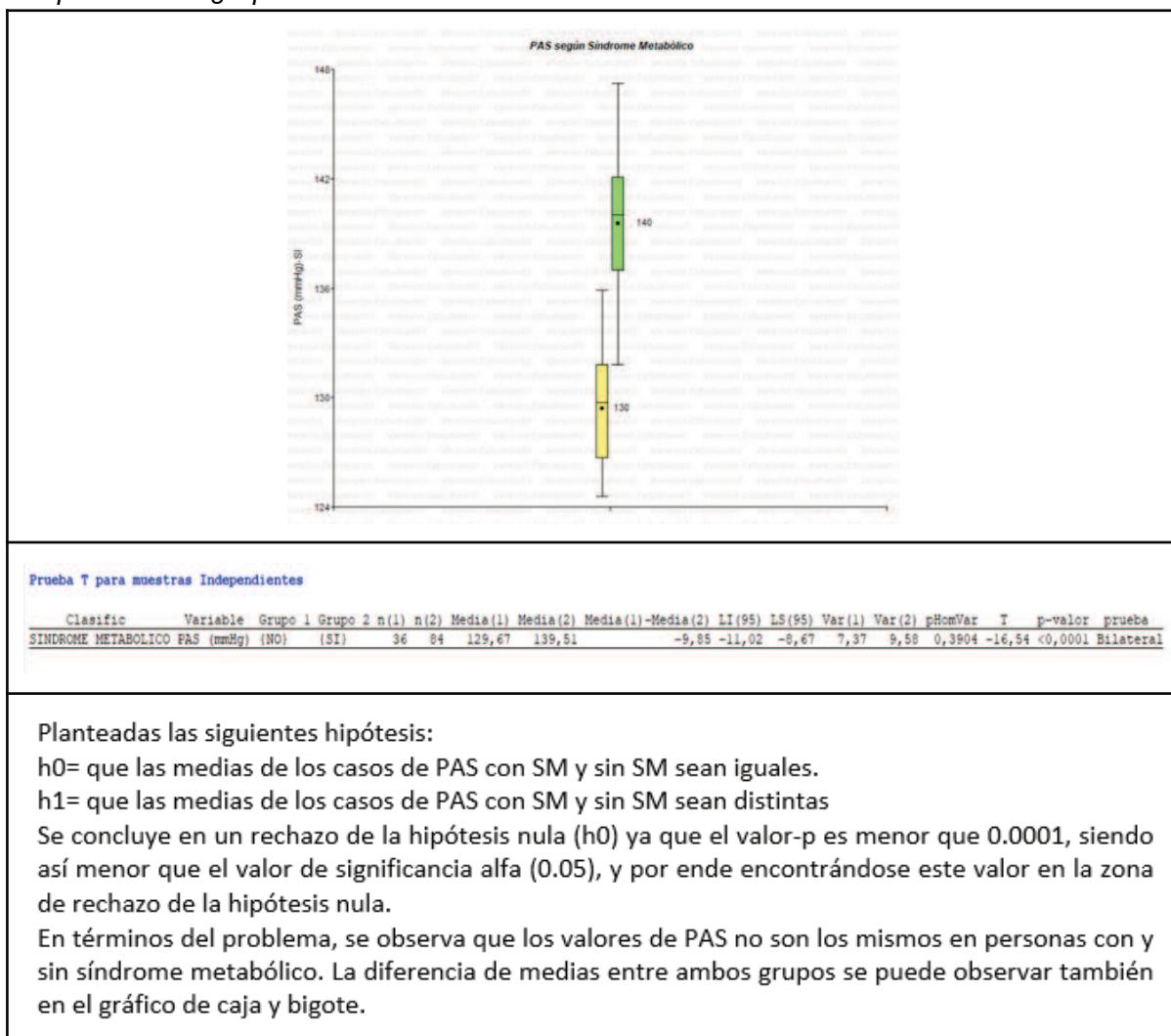
Para intentar exemplificar una respuesta característica de este grupo de estudiantes, seleccionamos la justificación del grupo 11, cuyas argumentaciones presentamos en el cuadro 6.17.

En la presentación de los resultados de los estudiantes, se puede observar que, en primer lugar, realizan un análisis exploratorio de las variables implicadas y luego informan los resultados de la prueba t, tal cuál es provista por el programa, para luego elaborar un pequeño informe donde resumen la información y concluyen. En relación a esto, podemos observar la expresión de dos indicadores que dan cuenta de la utilización de RF1. Por un lado, la elección correcta de la técnica a utilizar y las variables implicadas en el análisis y por el otro, el reconocimiento de las hipótesis del problema. Sin embargo, no se evidencian otros indicadores, también relevantes para esta componente, como la verificación de los supuestos de normalidad y homocedasticidad de varianzas. Por esta razón hemos calificado a este elemento en su nivel medio de expresión.

Un aspecto importante a destacar en esta producción es la omisión de la segmentación de la base de datos para los individuos que presentaban presión mayor o igual a 130 mmHg. En este sentido, podemos decir que si bien la conclusión del análisis no se vio afectada por dicha omisión, asociamos este error a dificultades en la compresión de la consigna del objetivo y no a una falla vinculada a los indicadores que intentamos determinar en cada producción.

**Cuadro 6.17**

*Respuestas del grupo 11*



Luego, y en relación a RF2, se reconocen casi todos los indicadores para este elemento. Por ejemplo, la escritura de las hipótesis en lenguaje coloquial, la mención a la significancia utilizada y la comparación con el valor p como criterio de rechazo, el rechazo de la hipótesis nula y la fundamentación del porqué de dicho rechazo, son indicadores que llevan a calificar la expresión del elemento en nivel que hemos definido como Alto. posicionan al elemento

Finalmente, en relación al elemento RF3, podemos decir que el mismo se puede reconocer en la utilización del valor p como criterio de rechazo, pero particularmente por brindar una conclusión a la pregunta implícita en el objetivo a resolver. Sin embargo, si bien identifican que las presiones “no son los mismos” no profundizan el análisis, indicando, por ejemplo, qué grupo de individuos presentó los mayores registros de presiones o cuales son las implicancias de este resultado en función de los pacientes analizados.

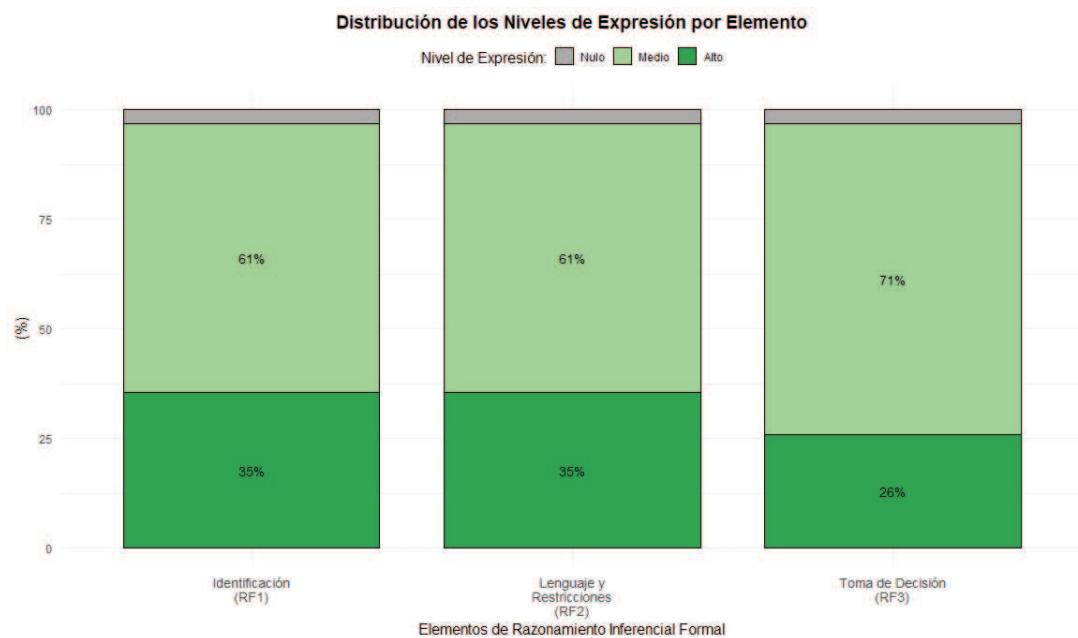
## 6.7.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica

### 6.7.2.1. Generalidades del desempeño

A continuación, se muestran las frecuencias observadas en los distintos niveles de expresión de cada uno de los elementos de razonamiento inferencial formal que evaluamos.

**Figura 6.17**

Niveles de expresión de los elementos de razonamiento inferencial formal identificados en cada grupo de las carreras licenciatura en Biotecnología y Bioquímica



En la figura 6.17 presentamos los niveles de expresión alcanzados por los estudiantes en relación con los tres elementos definidos.

A diferencia de lo observado en el análisis anterior, en esta instancia los tres componentes muestran una activación equilibrada entre los niveles medio y alto, con porcentajes mínimos en el nivel nulo. Este patrón indica un avance significativo en el manejo de herramientas inferenciales, especialmente en términos del reconocimiento del problema, la aplicación técnica y el uso del lenguaje formal.

En cuanto al componente RF1 (Identificación), el 61 % de los grupos alcanzó un nivel medio de expresión, mientras que un 35 % lo hizo en nivel alto. Este resultado sugiere que la gran mayoría de los estudiantes fue capaz de reconocer correctamente la estructura del problema y seleccionar la prueba t para muestras independientes como la técnica adecuada. A diferencia del objetivo anterior, se observa una mayor proporción (aunque mínima) de grupos que expresaron de manera adecuada este componente. No obstante, el análisis cualitativo de las producciones muestra que la mayoría de los grupos continuaron omitiendo la verificación de los supuestos.

Respecto del componente RF2, se observa una distribución idéntica a la de RF1: 61 % de los grupos lo expresaron en nivel medio y 35 % en nivel alto. Esta coincidencia refuerza la idea de que quienes lograron identificar correctamente la prueba también mostraron un uso adecuado del lenguaje técnico y una comprensión de sus implicancias metodológicas. En este caso, muchas de las respuestas en nivel alto estuvieron asociadas a la correcta formulación de hipótesis, el uso de lenguaje coloquial para identificar las hipótesis del problema. Esta articulación coherente entre los componentes RF1 y RF2 permite inferir un consolidado desarrollo del razonamiento inferencial, al menos desde el punto de vista técnico-formal.

Por su parte, el componente RF3 (Toma de Decisión) muestra una distribución algo diferente: el 71 % de los grupos alcanzó un nivel medio y el 26 % un nivel alto. Si bien la

expresión en nivel alto es algo menor respecto de los otros componentes, el patrón general sigue indicando una apropiación adecuada de las herramientas estadísticas. En este caso, la expresión media estuvo asociada a respuestas que si bien incluían conclusiones técnicamente correctas, carecían de una argumentación sólida o de una contextualización del resultado en el marco del problema. Esto sugiere que, aunque los estudiantes aplican correctamente las reglas formales de decisión, aún presentan dificultades para integrar los resultados al análisis global y formular una conclusión crítica, tal cual lo hemos discutido para el grupo de estudiantes de LN.

En conjunto, los resultados del gráfico 6.17 muestran una mejora clara en la expresión del RIF en este grupo de estudiantes. La alta proporción de respuestas en niveles medio y alto refleja un mejor dominio técnico y una mayor apropiación del lenguaje formal. Sin embargo, los desafíos persisten principalmente en la articulación crítica de los resultados obtenidos y en la verificación rigurosa de los supuestos, elementos que son esenciales para fortalecer la validez y solidez de las conclusiones inferenciales.

#### 6.7.2.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica

En el cuadro 6.16 presentamos las justificaciones elaboradas por el grupo 25, en ella intentamos reflejar algunas de las particularidades analizadas previamente.

**Cuadro 6.18**

*Respuestas del grupo 25*

| Prueba T para muestras Independientes  |         |         |
|--|---------|---------|
| <i>Variable: PAS (mmHg) - Clasifico:SINDROME METABOLICO - prueba:Bilateral</i>   |         |         |
|  | Grupo 1 | Grupo 2 |
|  | NO      | SI      |
| n  | 20      | 84      |
| Media  | 131,65  | 139,51  |
| Media (1) - Media (2)  | -7,86   |         |
| LI(95)   | -8,88   |         |
| LS(95)   | -6,85   |         |
| pHomVar  | 0,0044  |         |
| T  | -15,49  |         |
| p-valor  | <0,0001 |         |
| <i>H<sub>0</sub>: μ<sub>(SM)</sub> - μ<sub>(NSM)</sub> = 0</i>   |         |         |
| <i>H<sub>1</sub>: μ<sub>(SM)</sub> &gt; μ<sub>(NSM)</sub></i>  |         |         |
| 7) El p-valor nos da <0,0001, el cuál es significativamente inferior al α = 0,05, por lo que podemos concluir que rechazamos la Hipótesis Nula $\mu_{SM} - \mu_{NSM} = 0$ (La media de quienes tienen SM - la media de quienes no tienen SM = cero). Esto quiere decir que los promedios de las PAS elevadas en personas con y sin SM son distintas, presentándose una media mayor para el grupo que tiene SM. |         |         |

### 6.7.2.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en los estudiantes de Lic. en Nutrición y Lic. en Biotecnología y Bioquímica al resolver el objetivo 5.

Del análisis de contenido, identificamos un patrón, bastante homogéneo, de errores y dificultades en las tres carreras analizadas. Razón por la cual, hemos optado por presentar un único apartado que intente resumir estos hallazgos.

Tal como hemos advertido previamente, la omisión de la verificación de los supuestos de la prueba t (normalidad y homogeneidad de varianzas), fue uno de los errores más frecuentemente observados en las producciones.

Otro de los errores que detectamos, se encuentra asociado a la formulación de las hipótesis estadísticas. En varias producciones los estudiantes recurrieron a enunciados incorrectos, utilizando una notación poco precisa o expresiones inadecuadas para referirse a las hipótesis nula y alternativa. Una dificultad particular, observada en dos grupos pertenecientes a la carrera de Licenciatura en Nutrición, fue la confusión entre parámetros poblacionales y estadísticos muestrales. En estos casos, las hipótesis fueron escritas en términos de las medias muestrales, lo cual evidencia una concepción incorrecta del objetivo de las pruebas de hipótesis. Esta confusión entre parámetros y estadísticos, ha sido descrita por Tauber (2001), quien identificó una serie de conceptos asociados con la distribución normal que no eran identificados de manera correcta por estudiantes universitarios de diversas carreras.

## 6.8. Análisis de los elementos observados para el objetivo 3 de la parte II del Proyecto

En esta sección analizaremos cómo resolvieron los estudiantes el tercer y último objetivo de la segunda parte del proyecto (Objetivo 6), centrado en la comparación de medias para muestras relacionadas. Al igual que en los análisis anteriores, presentaremos una breve reseña de los principales contenidos que se esperaban en las respuestas.

El objetivo propuesto fue: “*Evaluar si la concentración promedio de triglicéridos es la misma antes y después de los 6 meses de tratamiento*”. El abordaje esperado implicaba que los estudiantes pudieran: (1) aplicar un filtro adecuado para seleccionar únicamente a los individuos con triglicéridos elevados al inicio ( $TG \geq 150 \text{ mg/dL}$ ); (2) identificar correctamente la prueba t para muestras relacionadas como herramienta metodológica pertinente; (3) verificar el cumplimiento del supuesto de normalidad en la distribución de las diferencias; y (4) formular una conclusión contextualizada, basada en los resultados de la prueba y en una interpretación adecuada del valor p.

Asimismo, se esperaba que los estudiantes utilizaran una argumentación clara, con uso del lenguaje técnico apropiado, incluyendo la formulación simbólica de las hipótesis nula y alternativa, así como referencias explícitas al contexto del problema.

### 6.8.1. Análisis de las respuestas de los alumnos de Licenciatura en Nutrición

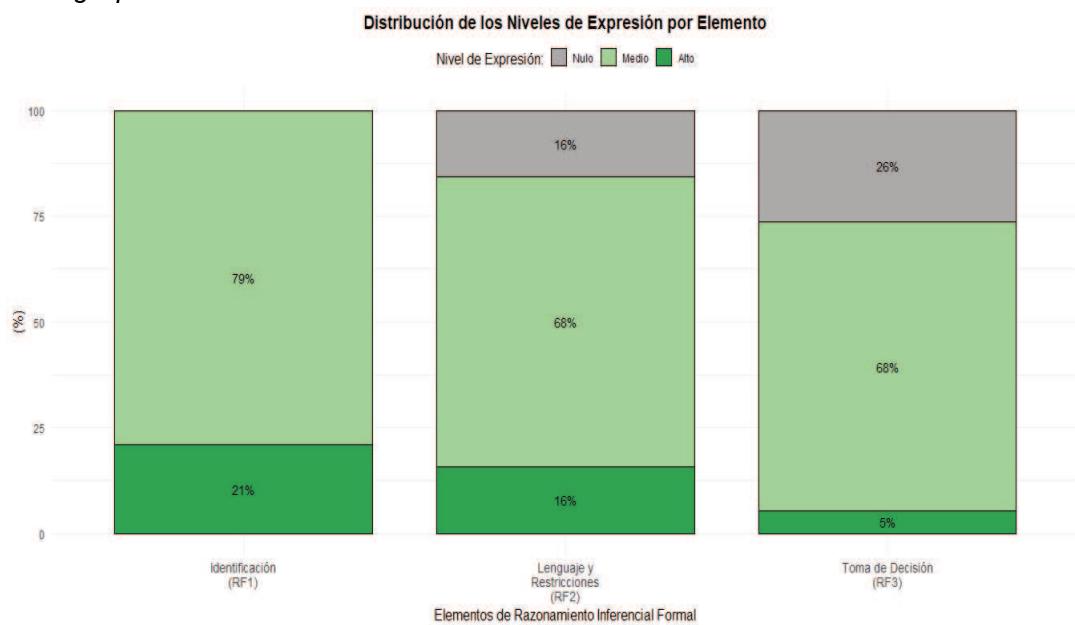
#### 6.8.1.1. Generalidades del desempeño

A continuación, presentamos las frecuencias observadas en los distintos niveles de expresión de cada uno de los elementos de razonamiento inferencial formal que evaluamos.

En la figura 6.18 se presenta la distribución de los niveles de expresión correspondientes a los tres elementos considerados para la evaluación del Razonamiento Inferencial Formal (RIF) en el marco del Objetivo 6. A diferencia de los gráficos analizados en objetivos anteriores, aquí se evidencia una menor proporción de respuestas en nivel alto y un incremento en la frecuencia de expresiones que no mostraron indicadores de activación, lo que sugiere ciertas dificultades en el abordaje formal de esta propuesta.

**Figura 6.18**

*Niveles de expresión de los elementos de razonamiento inferencial formal identificados en cada grupo de la carrera licenciatura en Nutrición.*



En relación con el componente RF1 (Identificación), el 79 % de los grupos alcanzó un nivel medio de expresión y solo el 21 % logró un nivel alto. Esta distribución indica que, si bien la mayoría de los estudiantes logró reconocer adecuadamente la estructura del problema y seleccionó la técnica estadística pertinente (prueba t para muestras relacionadas), sólo un número limitado de estudiantes logró identificar y formular correctamente la hipótesis nula, lo que pone en evidencia dificultades de naturaleza conceptual que pueden afectar el abordaje completo del procedimiento inferencial.

El componente RF2 (Lenguaje y Restricciones) mostró un comportamiento similar, con un 68 % de respuestas en nivel medio, un 16 % en nivel alto y otro 16 % en nivel nulo. Este patrón refleja que, si bien una proporción considerable de estudiantes fue capaz de incorporar conceptos como el nivel de significancia o realizar ciertas justificaciones respecto al rechazo de la hipótesis nula, pocos lograron articular una argumentación formal completa y contextualizada, lo cual podría deberse a que la prueba t pareada suele ser menos familiar o intuitiva para los estudiantes. Es posible que estas dificultades se vean acentuadas por la complejidad particular que conlleva el análisis de datos relacionados sobre las mismas unidades.

Por su parte, el componente RF3 (Toma de Decisión) fue expresado en nivel medio por el 68 % de los grupos, mientras que el 26 % no logró expresarlo y solo un 5 % alcanzó el nivel alto. Este resultado sugiere que, aunque la mayoría de los estudiantes logró emitir una decisión coherente con los resultados obtenidos, estas decisiones en general carecieron de una argumentación sólida o de una adecuada contextualización en el marco del problema

planteado. Además, en los casos con expresión nula, se observó que las decisiones no fueron formuladas de manera explícita o resultaron demasiado genéricas.

En términos generales, este objetivo permitió explorar no solo la correcta identificación del procedimiento estadístico adecuado, sino también si los estudiantes lograban activar, de forma integrada y progresiva, distintos elementos que conforman esta dimensión de nuestro estudio, tales como la formulación de hipótesis, la interpretación del valor  $p$  y la toma de decisiones fundamentadas. Entre los principales hallazgos, observamos que una proporción significativa de estudiantes logró identificar correctamente que el análisis requería una prueba  $t$  pareada, activando adecuadamente el componente RF1 en niveles medio y alto.

Sin embargo, tal como hemos advertido en análisis previos, se detectaron aquí dificultades asociadas en la formulación correcta de las hipótesis nula y alternativa, y como han expresado otros autores (Batanero, 2013; López-Martín, Batanero & Gea, 2019) constituyen un aspecto clave en la lógica de este tipo de pruebas estadísticas. En muchos casos, estas hipótesis se expresaron de forma ambigua, incompleta o haciendo referencia a estadísticos muestrales (como la media) en lugar de a parámetros poblacionales, lo que podría haber conducido a distorsiones en la interpretación de los resultados. Este patrón fue particularmente recurrente tanto en estos estudiantes como en estudiantes de las otras dos carreras analizadas.

Este hallazgo se encuentra en consonancia con lo reportado en la literatura especializada. En particular, Lugo-Armenta & Pino-Fan (2021) señalan que la formulación de hipótesis, especialmente en su expresión simbólica, constituye una de las principales dificultades en el desarrollo del razonamiento inferencial, tanto en estudiantes como en profesores. En relación a esto, los autores proponen abordarlo mediante un proceso progresivo, que inicie con la identificación implícita en lenguaje natural, continúe con su explicitación en lenguaje coloquial y culmine en su formulación simbólica. Este enfoque resulta especialmente pertinente si consideramos que en la mayoría de las producciones analizadas no se evidenció este recorrido progresivo, lo cual pone en evidencia una comprensión aún limitada del sentido y función de las hipótesis estadísticas.

Por otro lado, se observó nuevamente una escasa contextualización en las conclusiones formuladas. Aunque muchos estudiantes lograron arribar a una decisión coherente con los resultados obtenidos, esta no fue acompañada por una reflexión crítica ni por una vinculación explícita con el problema abordado. Expresiones como “las medias son distintas” o “hubo una diferencia” fueron frecuentes, sin referencias a la relevancia clínica o al efecto del tratamiento. Esta desconexión muestra un abordaje aún precario en este sentido. Sin embargo, estos hallazgos resultan consistentes con los que observamos en el análisis de los razonamientos pre formales donde evidenciamos algunas limitaciones en elementos vinculados a este patrón tales como R1 (Generación de Hipótesis) y R6 (Fundamentación).

En suma, nuestros hallazgos refuerzan la idea de que la enseñanza del razonamiento inferencial debe ir más allá de la ejecución mecánica de pruebas estadísticas y con el foco puesto en la comprensión conceptual.

#### 6.8.1.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de Licenciatura en Nutrición

Para intentar ejemplificar lo anteriormente descrito, mostramos en el cuadro 6.19 las justificaciones realizadas por el grupo

En el cuadro 6.19 presentamos las justificaciones elaboradas por el grupo 25, en ella intentamos reflejar algunas de las particularidades analizadas previamente.

#### Cuadro 6.19

##### Respuestas del grupo 25

###### Prueba T (muestras pareadas)

| Obs (1)<br>TG (mg/dL) | Obs (2)<br>TG a 6 meses | N  | media (dif) | Media (1) | Media (2) | DE (dif) | LI (95%) | LS (95%) | T    | Bilateral |
|-----------------------|-------------------------|----|-------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|------|-----------|
|                       |                         | 48 | 7,69        | 206,92    | 199,23    | 7,47     | 5,52     | 9,86     | 7,13 | <0,0001   |

Tabla 5. Inferencia de dos muestras pareadas.

Hipótesis nula:  $\mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alternativa:  $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

En la tabla se observa que la media de TG (mg/DL) es de 206,92 y la media de TG a 6 meses es de 199,23. La diferencia de media es de 7,69.

Se observa un intervalo de confianza de 95% que va desde 5,52 a 9,86.

Un valor T estadístico de 7,13 y p -valor menor a 0,0001.

A partir de la tabla se puede concluir que hay diferencia de triglicéridos antes y después de los 6 meses, rechazando la hipótesis nula, ya que hay una diferencia de media de 7,69 y el intervalo de confianza no incluye al cero. Por lo que fue efectiva la dieta.

En la justificación presentada por los estudiantes se observa que, luego de informar los resultados que obtuvieron del software estadístico, rescatan algunos valores clave, como el valor  $p$ , el intervalo de confianza y las medias y, a partir de ellos, elaboran una conclusión general respecto de la efectividad del tratamiento.

En relación con el componente RF1, los estudiantes identifican correctamente que el procedimiento estadístico adecuado para dar respuesta al interrogante es la prueba  $t$  para muestras pareadas. Además, aplican correctamente el filtro correspondiente para incluir únicamente a aquellos individuos que contaban con las dos mediciones de triglicéridos, antes y después del tratamiento. Esta elección adecuada de la prueba y de las unidades de análisis pone en evidencia la activación del indicador central del RF1 vinculado a la identificación de la estructura del problema.

No obstante, al analizar la formulación de las hipótesis nula y alternativa, expresadas en lenguaje simbólico, se observan errores conceptuales importantes. Por un lado, los estudiantes expresan incorrectamente el parámetro de contraste: expresan una diferencia entre medias independientes ( $\mu_1 - \mu_2$ ), en lugar de trabajar con el parámetro adecuado para este tipo de diseño, que es la media poblacional de las diferencias ( $\mu_d$ ). Por otro lado, la hipótesis alternativa que plantean no resulta coherente con el objetivo del estudio, el cual buscaba evaluar la efectividad de una dieta para reducir los niveles de triglicéridos. En este contexto, lo esperable sería el planteo de una hipótesis alternativa unilateral ( $\mu_d > 0$ ), que permita dar cuenta de una posible disminución en los niveles tras la intervención, en lugar de una hipótesis bilateral como la que han utilizado. Las dificultades aquí observadas dan cuenta de lo que hemos expresado previamente.

En relación con el componente RF2, se identifican algunos indicadores que permiten reconocer su activación, en particular la expresión del rechazo de la hipótesis nula. No obstante, esta decisión no se encuentra debidamente justificada, ya que en ningún momento se explicita el nivel de significancia adoptado ni se argumenta de forma clara el criterio que sustenta dicha decisión.

Además, resulta llamativo que, si bien los estudiantes reconocen correctamente los elementos centrales del análisis, valor del estadístico  $t$  observado y el valor  $p$  asociado, en la conclusión recurren al uso del intervalo de confianza para decidir, evaluando la presencia del cero dentro del mismo. Este hecho, resulta contradictorio con el enfoque adoptado en el resto del análisis y da cuenta de una limitada comprensión conceptual.

En lo que respecta al componente RF3, si bien los estudiantes identifican el valor  $p$  dentro de los resultados informados por el programa, no observamos evidencias claras de que dicho valor haya sido utilizado como criterio para rechazar la hipótesis nula. Por otro lado, la conclusión planteada, que si bien es coherente con los resultados, carece de argumentación, ya que solo se limita a señalar que “*son diferentes*” sin precisar en qué sentido se establece esa diferencia. En este contexto, la expresión “*la dieta fue efectiva*” pareciera estar desvinculada del análisis estadístico desarrollado, lo que debilita la validez interpretativa de la conclusión y evidencia una falta de articulación entre los resultados numéricos y su contextualización dentro del problema abordado.

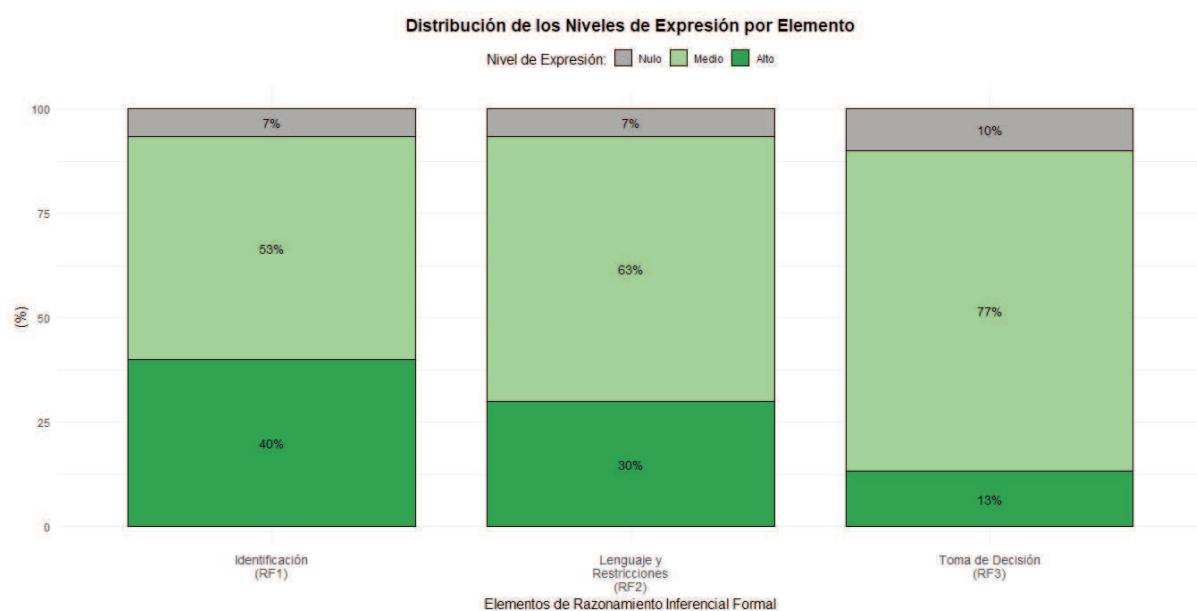
## 6.8.2. Análisis de las respuestas de los alumnos de Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica

### 6.8.2.1. Generalidades del desempeño

A continuación, se muestran las frecuencias observadas en los distintos niveles de expresión de cada uno de los elementos de razonamiento inferencial formal que evaluamos.

**Figura 6.19**

*Niveles de expresión de los elementos de razonamiento inferencial formal identificados en cada grupo de las carreras licenciatura en Biotecnología y Bioquímica*



La figura 6.19 muestra la distribución de los niveles de expresión para los tres elementos del Razonamiento Inferencial Formal en el marco del Objetivo 6. En términos generales, los resultados de este grupo son similares a los observados previamente en estudiantes de Licenciatura en Nutrición, con una leve mejora en la proporción de respuestas en nivel alto, especialmente en RF1 y RF2.

La mayoría de los estudiantes logró identificar correctamente la prueba estadística adecuada, así como utilizar algunos elementos del lenguaje técnico al justificar sus decisiones. Sin embargo, las dificultades en la formulación de hipótesis estadísticas completas y la escasa contextualización de las conclusiones persisten también en este grupo.

Dado que muchas de las implicancias de estos resultados ya han sido analizadas en detalle en la sección correspondiente a los estudiantes de Nutrición, y con el fin de evitar redundancias, no profundizaremos aquí nuevamente en su discusión.

#### 6.8.2.2. Análisis de una justificación para los estudiantes de licenciatura en Biotecnología y Bioquímica.

Ejemplificaremos a continuación con el análisis de las justificaciones del grupo 23, mostramos en el cuadro 6.20 las justificaciones realizadas por el grupo

**Cuadro 6.20**

*Respuestas del grupo 23*

| H <sub>0</sub> : El promedio de triglicéridos es la misma antes y después de los 6 meses.  |              |         |             |             |          |           |           |            |              |    |      |      |      |         |
|--|--------------|---------|-------------|-------------|----------|-----------|-----------|------------|--------------|----|------|------|------|---------|
| H <sub>1</sub> : El promedio de triglicéridos es (distinta/menor/mayor) antes y después de los 6 meses.  |              |         |             |             |          |           |           |            |              |    |      |      |      |         |
| <table><thead><tr><th>Obs (1)</th><th>Obs (2)</th><th>N</th><th>media (dif)</th><th>DE (dif)</th><th>T</th><th>Bilateral</th></tr><tr><th>TG (mg/dL)</th><th>TG a 6 meses</th><th>45</th><th>8.04</th><th>7.51</th><th>7.19</th><th>&lt;0.0001</th></tr></thead></table> | Obs (1)      | Obs (2) | N           | media (dif) | DE (dif) | T         | Bilateral | TG (mg/dL) | TG a 6 meses | 45 | 8.04 | 7.51 | 7.19 | <0.0001 |
| Obs (1)  | Obs (2)      | N       | media (dif) | DE (dif)    | T        | Bilateral |           |            |              |    |      |      |      |         |
| TG (mg/dL)   | TG a 6 meses | 45      | 8.04        | 7.51        | 7.19     | <0.0001   |           |            |              |    |      |      |      |         |

Prueba Bilateral, p < 0,0001 mucho menor a  $\alpha = 0,05$ . H<sub>0</sub> se rechaza; se acepta H<sub>1</sub>, los triglicéridos no son iguales antes y después de los 6 meses. (Tabla de resumen Act. 8).

En la producción presentada, los estudiantes reportan los resultados obtenidos del software estadístico e intentan formular las hipótesis involucradas, para luego arribar a una conclusión general respecto de la diferencia en los niveles de triglicéridos antes y después de los seis meses de tratamiento.

Como se puede observar, en relación con el componente RF1, los estudiantes logran identificar correctamente el procedimiento estadístico adecuado para resolver el problema. Además, aplican el filtro necesario para seleccionar únicamente a los pacientes con ambas mediciones pero presentan una leve diferencia en la cantidad de individuos (45 vs 48). Por otro lado, escriben las hipótesis del problema haciendo uso del lenguaje coloquial, pero muestran algunas imprecisiones. Por ejemplo, para la hipótesis alternativa los estudiantes escriben “distinta/menor/mayor”, sin adoptar una postura concreta frente a cuál es la que necesitan plantear teniendo en cuenta la pregunta implícita en el objetivo. Este planteo abierto y poco definido no resulta compatible con el objetivo del análisis. Estos elementos nos permiten clasificar la expresión de este componente en un nivel medio.

En cuanto al componente RF2, los estudiantes expresan una decisión de rechazo de la hipótesis nula y la evidencian de manera explícita en las conclusiones, además, la misma está sustentada por la utilización del valor p informado y su contraste con la significancia.

Respecto al componente RF3, los estudiantes presentan una conclusión que es formalmente coherente con la decisión tomada, ya que afirman que los triglicéridos “no son

*iguales antes y después de los 6 meses".* Sin embargo, esta afirmación carece de una interpretación contextualizada: no se menciona si los niveles aumentaron o disminuyeron.

#### 6.8.2.3. Análisis de los principales errores o dificultades observadas en los estudiantes de Lic. en Nutrición y Lic. en Biotecnología y Bioquímica al resolver el objetivo 6.

Del análisis de las producciones correspondientes a los dos grupos de estudiantes, se identificaron errores específicos que, si bien en algunos casos coinciden con los observados en los análisis previos, presentan particularidades relevantes que justifican un tratamiento diferenciado.

Uno de los errores más recurrentes en este grupo fue la incorrecta elección de la prueba estadística. En varias producciones, especialmente en estudiantes de la carrera de Biotecnología y Bioquímica (BB), se empleó un enfoque correspondiente a la comparación de medias de dos muestras independientes, en lugar de la prueba t para muestras pareadas que era la técnica adecuada para este objetivo. Este error no solo denota una falta de dominio técnico sobre el tipo de diseño analizado, sino también una comprensión limitada del vínculo entre la estructura del problema y la herramienta inferencial correspondiente.

En cuanto a la formulación de hipótesis estadísticas, se observaron dificultades similares a las de los grupos analizados en objetivos anteriores. Algunos estudiantes utilizaron notación incorrecta o ambigua, mientras que otros plantearon las hipótesis en términos de medias muestrales, en lugar de parámetros poblacionales. Este último error, que ya hemos señalado como un indicador de una concepción errónea del propósito de las pruebas de hipótesis, volvió a estar presente en esta cohorte.

También se identificaron errores conceptuales en la interpretación de los resultados. Un caso llamativo es el del grupo 15 de la carrera de BB, que logró identificar correctamente el valor p y el nivel de significancia del estudio, pero concluyó en sentido opuesto al que indicaban dichos valores. Este tipo de error pone de manifiesto que, si bien algunos estudiantes son capaces de reconocer los elementos técnicos del análisis, aún presentan dificultades al momento de integrar esa información en una decisión fundamentada.

Por último, se registró un caso puntual, grupo 41 de la misma carrera, en el que los estudiantes se refirieron a "proporciones" al describir los niveles de concentración de triglicéridos, un error que, si bien implica una falencia conceptual profunda, además revela cómo un uso inadecuado del lenguaje estadístico que puede derivar en interpretaciones confusas.

### 6.9. Comparaciones entre los trayectos formativos de las tres carreras analizadas

Con el propósito de analizar de forma integrada las trayectorias formativas de los estudiantes de las carreras analizadas, en relación con las tres dimensiones consideradas (AE, RII y RIF) se implementó un análisis de varianza (ANOVA) mixto de medidas repetidas con un diseño 2x3. En este esquema, el factor inter-sujetos correspondió a la carrera de pertenencia de los estudiantes (Nutrición o Biotecnología y Bioquímica), mientras que el factor intra-sujetos fue definido por el constructo evaluado, es decir, las tres dimensiones mencionadas.

La pertinencia de este diseño se justifica metodológicamente en función de que las tres dimensiones fueron evaluadas en los mismos participantes, permitiendo así examinar no sólo el efecto principal de cada factor, sino también la posible interacción entre el tipo de carrera y el desempeño en las diferentes dimensiones del análisis.

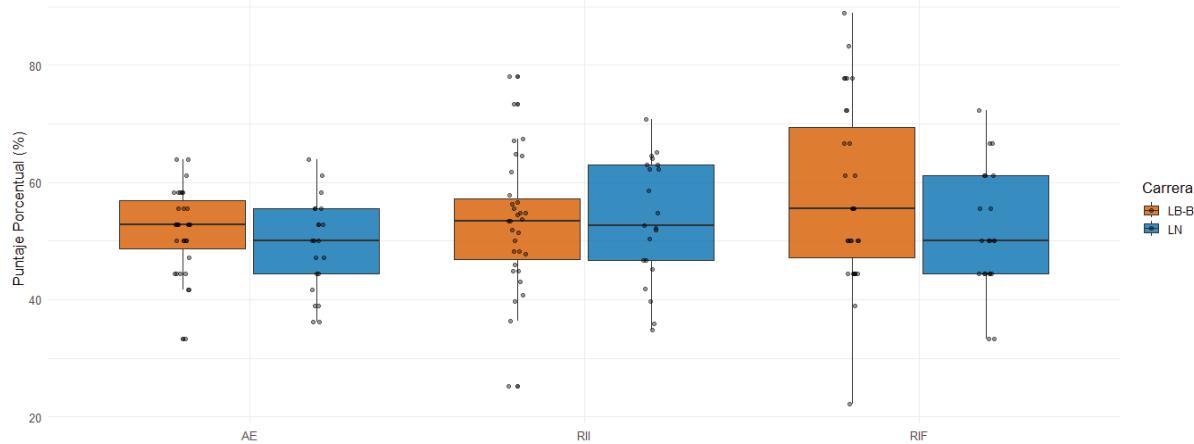
Para operacionalizar la variable dependiente en el análisis propuesto, se construyó un indicador cuantitativo que expresa el grado de activación de los elementos evaluados en cada una de las tres dimensiones consideradas. Este indicador fue calculado como un porcentaje, considerando el puntaje total obtenido por cada grupo de estudiantes en cada dimensión respecto del puntaje máximo posible definido para la misma, conforme a los criterios previamente establecidos al inicio del capítulo.

De este modo, se obtuvo para cada grupo un valor porcentual por dimensión, el cual refleja el nivel de expresión alcanzado en términos de Alfabetización Estadística, Razonamiento Inferencial Informal y Razonamiento Inferencial Formal. Esta estrategia permitió comparar el desempeño relativo entre las dimensiones y carreras, garantizando la comparación de los resultados por medio de una escala común.

La figura 6.20 permite visualizar la distribución del desempeño porcentual de los grupos de estudiantes en las tres dimensiones analizadas (AE, RII y RIF), diferenciado por carrera (LB-B y LN). A nivel general, se observa que las tres carreras presentan desempeños relativamente similares en términos de tendencia central en las tres dimensiones.

**Figura 6.20**

*Distribución del puntaje porcentual alcanzado por los grupos en cada una de las tres dimensiones analizadas (AE: Alfabetización Estadística; RII: Razonamiento Inferencial Informal; RIF: Razonamiento Inferencial Formal), diferenciadas por carrera (LB-B: Licenciatura en Biotecnología-Bioquímica y LN: Licenciatura en Nutrición).*



Previo al análisis, se constató una violación del supuesto de esfericidad mediante la prueba de Mauchly ( $p < 0,05$ ), por lo que se aplicó la corrección de Greenhouse-Geisser para ajustar los grados de libertad y garantizar la validez de los resultados. En la Tabla 6.2 presentamos los resultados del ANOVA.

El análisis de ANOVA no arrojó diferencias estadísticamente significativas entre las variables analizadas. En primer lugar, el efecto principal del factor Carrera no resultó significativo,  $F(1, 50) = 1,483$ ,  $p = 0,229$ , lo cual indica que no se observaron diferencias globales en el nivel de desempeño porcentual entre los estudiantes de Licenciatura en Nutrición y los de Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica, al considerar el promedio general de las tres dimensiones evaluadas.

**Tabla 6.2**

**Resultados del análisis de varianza mixto (ANOVA) de medidas repetidas para el efecto de la carrera, el constructo y su interacción sobre el desempeño porcentual**

| Efecto               | gl1  | gl2   | F     | p     | ges   |
|----------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| Carrera              | 1    | 50,00 | 1,483 | 0,229 | 0,016 |
| Constructo           | 1,28 | 63,77 | 2,762 | 0,092 | 0,024 |
| Carrera × Constructo | 1,28 | 63,77 | 1,738 | 0,192 | 0,016 |

**Nota.** ANOVA mixto de medidas repetidas con dos factores: *Carrera* (entre sujetos) y *Constructo* (dentro de sujetos). ges: Generalized eta squared, medida del tamaño del efecto. Ninguno de los efectos fue estadísticamente significativo al nivel  $\alpha = 0,05$ .

Del mismo modo, el efecto del factor *Constructo* tampoco alcanzó significancia estadística,  $F(1,28, 63,77) = 2,762, p = 0,092$ . Este resultado sugiere que, para la muestra analizada, el nivel de expresión alcanzado por los estudiantes en las dimensiones de Alfabetización Estadística, Razonamiento Inferencial Informal y Razonamiento Inferencial Formal fue relativamente homogéneo. Es decir, no se evidencian diferencias estadísticamente significativas en el nivel de logro alcanzado por los estudiantes a lo largo de las distintas etapas del proceso formativo considerado.

Finalmente, el análisis no reveló un efecto de interacción significativo entre Carrera y Constructo,  $F(1,28, 63,77) = 1,738, p = 0,192$ . Esto indica que el patrón de desempeño a lo largo de las tres dimensiones analizadas fue similar en las tres carreras. En consecuencia, no se obtuvo evidencia que permita sostener que las trayectorias de desarrollo del pensamiento estadístico difieran entre los estudiantes de LN y los de LB-B.

Estos resultados, aunque no estadísticamente significativos, no deben ser interpretados como ausencia de diferencias pedagógicamente relevantes. Por el contrario, pueden estar indicando que los grupos de estudiantes lograron movilizar recursos cognitivos similares a lo largo del desarrollo de la propuesta. En este sentido, el uso de una estrategia didáctica común, centrada en el aprendizaje por proyectos, podría haber contribuido a generar trayectorias formativas comparables, independientemente de la carrera de origen. Esta hipótesis cobra especial relevancia si consideramos que en otros tramos del análisis sí se han identificado patrones diferenciales de desempeño, especialmente en la activación de ciertos componentes conceptuales y de razonamiento. La ausencia de diferencias globales puede también interpretarse como un indicio de que el enfoque metodológico adoptado logró atenuar las posibles desigualdades de base entre las formaciones disciplinares, promoviendo un desarrollo más equilibrado de las competencias estadísticas en los grupos analizados.

## 7.1. Introducción

Como cierre de este recorrido, presentamos las conclusiones más relevantes derivadas del análisis desarrollado en el Capítulo 6. Las mismas se organizan, en primer lugar, en función de los objetivos específicos que nos planteamos en el Capítulo 3, y nos permitieron avanzar progresivamente hacia el cumplimiento del objetivo general de esta investigación. Finalmente presentaremos la conclusión sobre el objetivo general de nuestro estudio.

Posteriormente, expondremos los aportes más significativos de este estudio al campo de la Educación Estadística, incluyendo una reflexión crítica sobre el alcance y las limitaciones de los hallazgos obtenidos.

Finalmente, propondremos algunas líneas de investigación futura que podrían dar continuidad al enfoque aquí desarrollado, tomando como punto de partida las conclusiones alcanzadas en esta investigación.

## 7.2. Conclusiones respecto a los objetivos específicos del estudio

### 7.2.1. Conclusiones respecto al primer objetivo específico.

Objetivo específico N° 1: *Diseñar y evaluar una propuesta de enseñanza basada en proyectos, diseñada de manera específica para esta investigación, que posibilite caracterizar los elementos de AE, RII y RIF, que a priori se espera que surjan de su implementación.*

En relación con el diseño de una propuesta de enseñanza centrada en el trabajo por proyectos, podemos afirmar que se ha logrado dar cumplimiento a este objetivo específico, tal como fue planteado en la etapa inicial de esta investigación. En el Capítulo IV hemos descrito en detalle los principales componentes de dicha propuesta, construida teniendo en cuenta tanto las metas formativas esperadas como las particularidades del contexto académico en el que se desempeñan nuestros estudiantes. En este sentido, fue necesario considerar ciertas limitaciones estructurales, entre ellas, la carga horaria de la asignatura, la diversidad de materias que acompañan el cursado de estadística en el cuatrimestre y la diversidad de carreras analizadas, que demandaron un diseño flexible, adaptable y progresivo.

La elección de la metodología basada en proyectos fue debidamente fundamentada, destacando su potencial para integrar contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales en torno a problemas reales, contextualizados y cercanos a la experiencia de los estudiantes. A lo largo del diseño se procuró respetar los lineamientos fundamentales del enfoque, proponiendo una secuencia de actividades articuladas e implementadas de manera paralela a la introducción de los contenidos y centradas en el análisis de datos auténticos vinculados a temáticas relevantes desde el punto de vista de la salud pública y la investigación científica.

No obstante, y en consonancia con el enfoque reflexivo que orienta este trabajo, el análisis de contenido de las producciones de los estudiantes permitió identificar aspectos del diseño que podrían haber generado dificultades adicionales en su implementación. En particular, se evidenció cierto nivel de confusión o una diversidad de interpretaciones alternativas que desviaron el foco del análisis, afectando así la claridad del abordaje y la calidad de las respuestas. Un caso particular de esto se observó en el primer objetivo de la parte II del proyecto, cuyo enunciado, "*Estimar la proporción de sujetos con estilo de vida saludable con y sin síndrome metabólico (SM)*", introdujo ambigüedades que explicarían gran parte de los bajos niveles de desempeño observados. Por un lado, el uso del término "*estimar*" condujo a que muchos estudiantes realizaran estimaciones puntuales sin avanzar hacia el análisis comparativo inferencial esperado para esta instancia del trayecto formativo. Por otro lado, la consigna posiblemente no delimitó con precisión los grupos a comparar, lo que ocasionó un patrón recurrente de error: la inversión del condicionante, al analizar la proporción del síndrome metabólico en cada estilo de vida, en lugar de comparar los estilos de vida saludable entre personas con y sin síndrome metabólico.

En relación a estos hallazgos, se reconoce la necesidad de reformular este enunciado para presentarlo de una manera más clara y orientadora. Una alternativa más precisa podría ser: "*Comparar la proporción de sujetos con estilo de vida saludable entre el grupo que presenta SM y el grupo que no lo presenta. Evaluar si las diferencias observadas pueden ser consideradas estadísticamente significativas*". En este sentido, entendemos que esta versión podría orientar el análisis a un abordaje más riguroso y reduciría la ambigüedad de los grupos a contrastar.

Otro aspecto que consideramos relevante para una futura reformulación de la propuesta es su extensión. Tal como se detalló en el Capítulo IV, el diseño original incluía dos actividades adicionales a las analizadas en este estudio. Si bien este aspecto no fue objeto de análisis en el Capítulo 6, resultaría pertinente incorporarla en la discusión sobre posibles adecuaciones de la propuesta, ya que podría haber representado una carga excesiva para los estudiantes, especialmente si se consideran las condiciones académicas previamente descritas. En este sentido, una versión más acotada de la propuesta, que integre de manera equilibrada instancias de análisis exploratorio, inferencial y de análisis de la varianza, podría constituir una alternativa viable para ser considerada por el equipo docente en futuras implementaciones.

En síntesis, la propuesta desarrollada constituye un avance significativo hacia una enseñanza de la estadística más contextualizada, reflexiva y centrada en el estudiante. La articulación de contenidos y la promoción de prácticas argumentativas, sientan las bases para una formación más significativa. Sin embargo, los hallazgos obtenidos advierten sobre la necesidad de continuar refinando ciertos aspectos de su implementación con el fin de optimizar su impacto en contextos de enseñanza universitaria.

### 7.2.2. Conclusiones respecto al segundo objetivo específico.

Objetivo específico N° 2: *Identificar los elementos de la Alfabetización Estadística que los estudiantes evidencian al momento de enfrentarse a las resoluciones de las actividades propuestas en el diseño del proyecto.*

Sintetizaremos a continuación las principales conclusiones que se derivan del análisis de los elementos de conocimiento de AE que analizamos en el anterior capítulo.

*Habilidades de Alfabetización (C1):* en general evidenciamos una sólida activación en ambos grupos de estudiantes, con una clara concentración en los niveles *medio* y *alto* de nuestra escala. Esta tendencia da cuenta de un desempeño general positivo en relación con la lectura e interpretación de gráficos, tablas y resúmenes numéricos, evidenciando que los estudiantes han logrado una transnumeración adecuada lo cual les posibilitó generar y operar diferentes tipos de representaciones que son muy habituales en el análisis exploratorio. En este sentido, los estudiantes de las carreras de Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica presentaron, en términos descriptivos, un desempeño levemente superior, lo cual podría interpretarse como un mayor dominio de esta habilidad, sin embargo, estas diferencias no resultaron estadísticamente significativas.

Por otro lado, el análisis de contenido de las producciones de los estudiantes reveló algunas limitaciones importantes en el uso del vocabulario técnico. Expresiones como “más alto”, “valores grandes” o “cambios notables” reemplazaron con frecuencia términos como *mediana*, *cuartiles*, *rango intercuartílico* o *variabilidad*, empobreciendo la precisión de los argumentos. Esta dificultad de expresión fue más evidente en los estudiantes de Licenciatura en Nutrición, donde detectamos una mayor tendencia a formular conclusiones descriptivas apoyadas en un lenguaje más coloquial y genérico.

Además, se identificaron errores recurrentes al momento de leer, interpretar o comunicar los valores implicados en las representaciones utilizadas. Algunos grupos fallaron al momento de extraer e interpretar valores, como cuartiles o rangos intercuartílicos. Un ejemplo revelador de esto fue la confusión entre *media* y *mediana* evidenciado en el objetivo 2 para un grupo de estudiantes de licenciatura en Nutrición. Esta situación refleja no solo imprecisión terminológica, sino también una posible falta de diferenciación conceptual entre ambas medidas.

Finalmente podemos decir, que si bien el componente C1 fue activado de manera generalizada y con niveles aceptables de desempeño, los resultados nos permitieron advertir ciertas debilidades en la precisión conceptual y comunicativa. Estas debilidades pueden limitar no solo el alcance y la profundidad del análisis estadístico, sino también condicionar el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior. Esta observación refuerza la necesidad de promover la comprensión conceptual, particularmente en los primeros momentos de la instrucción estadística.

*Conocimiento Estadístico (C2):* este fue uno de los elementos que evidenció los mejores resultados en todas las producciones analizadas, con un desempeño levemente superior en las carreras de Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica, donde los estudiantes demostraron un dominio adecuado de conceptos vinculados al análisis exploratorio, como la identificación de medidas de posición (*mediana*, *cuartiles*) y su interpretación en el contexto del estudio, especialmente cuando ésto implicaba comparaciones entre grupos.

Sin embargo, en el contenido de las respuestas, se observó que este conocimiento, no siempre se tradujo en razonamientos estadísticos consistentes con el tipo de análisis. En muchos casos, los estudiantes realizaron interpretaciones que solo se sostienen a partir del análisis del gráfico, careciendo de toda argumentación que permita sustentar sus afirmaciones.

*Conocimiento Matemático (C3):* este elemento se hace especialmente necesario para la comprensión de la información estadística, y por esto debería manifestarse en los momentos en que el análisis de datos conlleve a la realización de cálculos para obtener nueva información. Es así que, consideramos que este elemento está más activo en los

Objetivos 1 y 2 de nuestra propuesta. Donde hemos observado un buen manejo y utilización de este elemento en los estudiantes de las tres carreras analizadas.

*Conocimiento de Contexto (C4):* se expresó mayoritariamente en un nivel medio en las tres carreras analizadas, con un rendimiento levemente superior en el grupo de los estudiantes de licenciatura en Nutrición, posiblemente debido a una mayor afinidad disciplinar con el tema abordado. Sin embargo, esta activación resultó en general incompleta y poco articulada con el resto del análisis. Si bien los estudiantes lograron reconocer el contexto general de la problemática, en muchos casos no supieron aprovechar ese conocimiento para profundizar las interpretaciones o incluso para expresar interpretaciones alternativas.

Las producciones mostraron, en su mayoría, una limitada capacidad de vinculación crítica entre los resultados estadísticos y el fenómeno en estudio, evidenciando una desconexión entre el análisis técnico y su dimensión aplicada. Las conclusiones tendieron a ser vagas o genéricas.

Este resultado pone de manifiesto la necesidad de fortalecer la integración entre análisis estadístico y reflexión contextual, especialmente en propuestas formativas que, como la presente, buscan promover una comprensión situada y crítica de los fenómenos estudiados. Desarrollar esta articulación —entre datos, contexto y conclusiones— es clave no solo para evitar interpretaciones erróneas.

*Habilidades Críticas (C5):* Este fue uno de los elementos cognitivos en los que detectamos uno de los niveles más bajos de utilización. Si bien este componente integra otros elementos del conocimiento estadístico, su manifestación exige un nivel superior de pensamiento reflexivo que permita a los estudiantes cuestionar, interpretar críticamente y problematizar la información que se presenta. En ese sentido, los resultados muestran una ausencia casi total de actitudes de cuestionamiento vinculadas con la validez de los datos, la pertinencia de las fuentes, o las decisiones metodológicas adoptadas. Tampoco se identificaron reflexiones acerca del tamaño muestral ni se ofrecieron explicaciones alternativas a los hallazgos obtenidos.

Este déficit se observó incluso en aquellos grupos que habían logrado un desempeño adecuado en otros componentes del análisis, y resultó particularmente notorio en los objetivos 2 y 3, donde la expresión del componente fue prácticamente nula. La única activación se registró en el primer objetivo y en particular para los estudiantes de la licenciatura en Nutrición, pero esta tendencia no logró sostenerse a lo largo del recorrido del proyecto. En general, las respuestas estuvieron centradas en la lectura literal de los resultados, sin avanzar hacia una evaluación crítica sobre su confiabilidad o sus posibles implicancias.

Estos hallazgos refuerzan la idea de que el desarrollo de una postura crítica frente a la información estadística no se adquiere de forma espontánea, sino que requiere una planificación intencionada y sostenida desde los niveles iniciales del sistema educativo. La incorporación de este tipo de habilidades debería ser progresiva y comenzar a trabajarse desde la educación primaria y secundaria, de modo que los estudiantes, al llegar a instancias formativas superiores, puedan integrar de manera natural el análisis crítico como parte del proceso de comprensión, interpretación y comunicación estadística.

En consecuencia, el escaso desarrollo del componente C5 constituye uno de los principales desafíos pedagógicos que surgen de este estudio. Promover una alfabetización estadística crítica implica no solo enseñar a leer y describir datos, sino también a desconfiar, indagar,

argumentar y cuestionar lo que se observa. Avanzar en esta dirección es clave para formar profesionales capaces de utilizar la estadística no sólo como una herramienta técnica, sino como un instrumento de pensamiento riguroso y ético en contextos de desarrollo profesional.

### 7.2.3. Conclusiones respecto al tercer objetivo específico.

Objetivo específico N° 3: *Describir y analizar los elementos del Razonamiento Inferencial Informal y sus interrelaciones con elementos de la Alfabetización Estadística que emplean los estudiantes al momento de resolver actividades relacionadas al análisis exploratorio.*

En cuanto a los elementos de razonamiento informal podemos destacar las siguientes conclusiones:

*Generación de Hipótesis (R1):* los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que dicho elemento fue utilizado con niveles de desempeño aceptables en las tres carreras analizadas. La mayoría de los grupos logró formular conjeturas razonables a partir del contexto problemático propuesto, anticipando posibles relaciones entre variables antes de abordar los procedimientos estadísticos formales. Esta habilidad resultó más evidente en los objetivos 1 y 2, donde las hipótesis o conjeturas realizadas se sustentaron en conocimientos previos y en la interpretación contextual del fenómeno analizado, y esto constituye un buen indicador para el desarrollo de formas más complejas de razonamiento tanto informal como formal.

El análisis de las resoluciones de los estudiantes nos permitió también detectar algunas debilidades. En primer lugar, si bien las hipótesis formuladas tendieron a ser coherentes con el contexto del problema, en muchos casos fueron imprecisas y con enunciados poco claros o confusos que dificultaron su comprensión. Por otro lado, algunos grupos de estudiantes se limitaron a elaborar informes netamente descriptivos sin avanzar hacia una toma de posición frente al problema planteado, lo cual podría estar asociado a privilegiar el resultado por sobre lo reflexivo-contextual.

*Resumen (R2):* en este elemento, solo estuvo presente en el objetivo 2, observamos la mayoría de los grupos logró identificar algunos de los elementos centrales del diagrama de caja, como la mediana, los cuartiles y los extremos, utilizándolos para describir las características generales de las distribuciones analizadas. Esta activación del componente fue mayoritariamente en nivel medio, lo que indica que los estudiantes supieron recuperar algunos de los puntos clave del gráfico.

Por otro lado, en muchos de los informes analizados se observaron expresiones como “la mediana es más alta en el grupo sin SM” o “se observaron valores extremos” pero en la mayoría de los mismos no se informaron sus valores ni se compararon con los de la otra distribución. También evidenciamos escasa mención a la asimetría o variabilidad de las distribuciones.

*Señal (R3):* Este elemento fue uno de los que menor nivel de utilización evidenciamos, especialmente en las carreras de Bioquímica y Biotecnología el 94% de los grupos analizados no hizo uso de este componente. Este resultado indica que la gran mayoría de los estudiantes no fue capaz de realizar comparaciones de las distribuciones por medio de la superposición o solapamiento de sus cajas.

Sin embargo, esta falta de expresión posiblemente no se deba en su totalidad a una limitación conceptual, sino que en muchos casos podría estar asociada a las decisiones metodológicas adoptadas por los estudiantes al momento de resolver la consigna.

*Ruido (R4):* este elemento fue otros de los cuales se observaron los mayores niveles de falta de utilización. Los resultados mostraron que los estudiantes presentaron dificultades para integrar a sus análisis esta componente del razonamiento. Esta situación fue más notoria en los estudiantes de Biotecnología y Bioquímica, donde más del 80 % de los grupos no activó este elemento.

La falta de utilización de este elemento podría deberse a una visión limitada de los estudiantes que tienden a concentrarse casi exclusivamente en medidas puntuales, en detrimento de una visión más integral que les permita observar la distribución en su conjunto.

*Muestreo (R5):* El análisis de las producciones de los estudiantes permite concluir que este elemento del razonamiento fue utilizado de manera relativamente aceptable, sobre todo en la primera parte del análisis, se observaron ciertas limitaciones relevantes. Si bien en algunos casos se utilizó información relacionada con el tamaño muestral al momento de comparar grupos, no se identificaron aportes sustantivos vinculados al diseño ni reflexiones explícitas sobre las implicancias del tamaño muestral sobre las conclusiones elaboradas.

La activación de esta habilidad fue inicialmente más notoria en los estudiantes de la Licenciatura en Nutrición y en aquellos grupos que evidenciaron mejores desempeños generales. No obstante, dicha expresión no se sostuvo a lo largo del recorrido. En los objetivos posteriores, se observó una disminución progresiva, lo que pone en evidencia una falta de consolidación de esta habilidad.

Sin embargo, tal como señalamos en la sección de resultados, este comportamiento podría estar asociado a una percepción de redundancia por parte de los estudiantes, quienes, al trabajar de manera reiterada con la misma muestra, asumieron que las consideraciones metodológicas ya habían sido abordadas en etapas previas y por lo tanto no consideraron relevante aportar nuevas reflexiones sobre el tema.

*Fundamentación (R6):* en relación a este componente, podemos concluir que fue utilizado de manera parcial por la mayoría de los grupos de las carreras analizadas. Si bien se observaron intentos por justificar las respuestas, en general las fundamentaciones carecieron de profundidad para conectar los hallazgos con el contexto del problema planteado.

En muy pocos casos los estudiantes ofrecieron explicaciones alternativas o reflexionaron explícitamente sobre el significado de los resultados en función del síndrome metabólico y los estilos de vida analizados. Tampoco fue frecuente la evaluación crítica de si los resultados tenían sentido en relación con los conocimientos previos sobre la temática, situación particularmente evidente en el objetivo 3, donde la mayoría de los individuos con síndrome metabólico presentaron un estilo de vida saludable. En su lugar, predominó una descripción de los principales resultados obtenidos o de las diferencias observadas sin establecer vínculos conceptuales o causales sólidos.

Esta situación sugiere que, si bien los estudiantes lograron en muchos casos describir lo que observaban, no lograron dar sentido a esos hallazgos, proponer explicaciones para lo mismos o bien lo hicieron de manera parcial e inconexa, lo que limita considerablemente el

valor interpretativo de sus análisis. Por tanto, este componente emerge como una habilidad en desarrollo para este grupo de estudiantes.

*Casos Particulares (R7):* El análisis de este elemento, especialmente relevante en el Objetivo 2, revela una escasa activación por parte de los estudiantes, particularmente en las carreras de Bioquímica y Biotecnología, donde la mayoría no logró identificar la presencia de valores atípicos en los diagramas de caja. Incluso en los pocos casos en que se reconocieron visualmente, no se ofrecieron reflexiones ni explicaciones sobre su significado o implicancias en el contexto del problema analizado.

En consecuencia, puede afirmarse que el razonamiento sobre los casos particulares fue débil y superficial, sin integrar estos elementos en la interpretación de la distribución. Esta situación destaca la necesidad de abordar con mayor profundidad este componente en las propuestas de enseñanza, ya que la integración de los valores atípicos constituyen un aspecto clave para desarrollar una visión más completa de la idea de distribución.

A modo de resumen, podemos decir que de los elementos de razonamiento inferencial informal que fueron objeto de nuestro análisis Generación de Hipótesis y, en menor medida, Muestreo fueron los componentes que presentaron los mejores indicadores de su utilización. Por otro lado, Resumen y Fundamentación se expresaron parcialmente y caracterizados por descripciones muy superficiales y muchas veces desconectadas sin considerar el contexto.

En cambio, Señal, Ruido y Casos Particulares fueron los menos utilizados, especialmente en los estudiantes de Bioquímica y Biotecnología.

Respecto a las interrelaciones entre los elementos de conocimiento y de razonamiento, podemos destacar:

En primer lugar, se confirma una relación jerárquica entre los componentes: los elementos de conocimiento (C1 y C2), cuando presentaron niveles considerables de activación, tendieron a promover la expresión de elementos de razonamiento como la Generación de Hipótesis y Resumen. Esta relación fue consistente en los tres objetivos analizados y sugiere que una base sólida en la lectura, interpretación y uso del lenguaje estadístico es fundamental para avanzar hacia expresiones más complejas de análisis.

Sin embargo, el estudio también evidencia que esta relación no se sostiene en todos los casos. La ausencia o baja expresión de Habilidades Críticas o de Conocimiento Contextual repercute directamente en la debilidad de componentes como la Fundamentación, Muestreo o incluso Casos Particulares, indicando que el desarrollo del razonamiento estadístico requiere algo más que dominio técnico.

Finalmente, a partir del análisis de los componentes del razonamiento inferencial informal, podemos concluir que este no se manifiesta como un conjunto de competencias aisladas, sino como una red interdependiente, en la que algunas habilidades básicas funcionan como base para la activación de otras más complejas. La principal debilidad identificada radica en la escasa consolidación de los componentes más reflexivos, lo cual limita el desarrollo de formas de razonamiento más integrales y articuladas.

#### 7.2.4. Conclusiones respecto al cuarto objetivo específico.

Objetivo específico N° 4: Caracterizar *los elementos del Razonamiento Inferencial Formal que los estudiantes evidencian al momento de desarrollar actividades de inferencia estadística.*

Respecto a los elementos formales del razonamiento estadístico, podemos destacar las siguientes conclusiones:

Los resultados muestran que, si bien la mayoría de los estudiantes identificó correctamente la prueba inferencial y formuló adecuadamente las hipótesis nula y alternativa, lo que evidencia un buen desempeño en el componente *Identificación*, la omisión sistemática de la verificación de supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas revela una comprensión incompleta del proceso inferencial, limitando así la validez de las conclusiones elaboradas.

Si bien los estudiantes comienzan a incorporar el lenguaje formal de la inferencia en sus argumentaciones, evidenciando cierta familiarización con la terminología específica, esta apropiación resultó en muchos casos superficial y con errores. Aunque se observaron expresiones como “*rechazo de la hipótesis nula*” o “*nivel de significación*”, estas no siempre estuvieron acompañadas de explicaciones coherentes o fundamentadas. En este sentido, se detectaron dificultades conceptuales, especialmente en relación a nociones clave como la significancia, p-valor y la distinción entre parámetro y estadístico, lo cual empobreció la justificación de las conclusiones elaboradas.

Una de las conclusiones más relevantes de esta etapa del estudio, en línea con lo observado en instancias previas, es la marcada desconexión entre el procedimiento técnico-algorítmico y su contextualización. En numerosos casos, el razonamiento se detuvo en el resultado técnico, y no fue posible traducirlo en una respuesta al problema de investigación planteado. Esta situación evidencia una dificultad persistente para articular lo procedural con el análisis contextual, limitando así la capacidad para consolidar un razonamiento inferencial que permita articular de manera efectiva “lo que se hace” con su significado.

### 7.2.5. Conclusiones respecto al quinto objetivo específico.

Objetivo específico N° 5: *Evaluuar y comparar los niveles de Alfabetización Estadística alcanzados entre los estudiantes de las tres carreras analizadas.*

La ausencia de diferencias estadísticamente significativas observadas en las tres dimensiones de la alfabetización estadística analizadas en el presente estudio podría indicar que la propuesta de enseñanza basada en proyectos aquí presentada contribuyó a generar trayectorias formativas similares independientemente de la carrera de origen de los estudiantes. En este sentido, es posible pensar que el enfoque metodológico adoptado haya logrado atenuar las posibles desigualdades formativas y disciplinarias de los estudiantes promoviendo un desarrollo de habilidades técnicas y cognitivas más homogéneo.

Esta hipótesis cobra especial relevancia al considerar que en otros tramos del análisis de contenido hemos detectado patrones diferenciales del desempeño entre las carreras, sin embargo, la ausencia de diferencias globales podría sugerir que esta estrategia resulta especialmente eficaz para promover el desarrollo del pensamiento estadístico en contextos académicos diversos.

### 7.2.6. Conclusiones respecto al objetivo general.

En respuesta al objetivo general de evaluar la propuesta de enseñanza basada en proyectos, el análisis de los elementos cognitivos y disposicionales movilizados por los

estudiantes permitió arribar a una serie de conclusiones clave sobre su efectividad, limitaciones y posibilidades en el contexto académico analizado.

### *1. Fortalezas generales de la propuesta*

Una de las principales fortalezas fue el sólido desarrollo de las habilidades de Alfabetización Estadística (C1 y C2), así como del Conocimiento Estadístico (C3) y Conocimiento Matemático. A lo largo del recorrido, los estudiantes demostraron progresos significativos en la lectura e interpretación de representaciones, el uso adecuado de terminología y la aplicación de cálculos pertinentes. Este dominio técnico básico no solo se consolidó como un logro en sí mismo, sino que también funcionó como base para el despliegue de otras habilidades cognitivas vinculadas al razonamiento informal, particularmente la Generación de Hipótesis (R1).

Asimismo, en la etapa formal del proyecto, se destaca que una amplia mayoría de los estudiantes logró identificar correctamente la prueba estadística adecuada (RF1) para los distintos problemas planteados, lo que refleja la efectividad del enfoque para seleccionar las técnicas adecuadas en contextos aplicados.

### *2. Debilidades identificadas en el desarrollo del razonamiento estadístico*

Pese al avance técnico, se observó una disociación entre el análisis técnico y la reflexión crítica y contextual. La activación del Conocimiento del Contexto fue limitada y decreciente, lo cual pudo haber afectado la capacidad de Fundamentación. En consecuencia, un número considerable de estudiantes no lograron conectar sus conclusiones estadísticas con el contexto del problema, lo que condujo a interpretaciones muy superficiales del problema.

Por otro lado, los componentes Habilidades Críticas y Postura Crítica, que si bien detectamos su expresión, las mismas fueron en su mayoría en niveles medios y decrecieron a medida que se avanzaba en la resolución de los objetivos del proyecto. Esta débil expresión pudo haber impactado negativamente en la activación de elementos como el Muestreo y Casos Particulares, reduciendo el análisis a un plano netamente técnico con esporádicas evaluaciones de la evidencia y cuestionamientos metodológicos.

En cuanto al Razonamiento Inferencial Formal, si bien lograron identificar correctamente la prueba a aplicar y en muchos casos se evidenció el uso de lenguaje pertinente acompañado de conclusiones acertadas, la omisión sistemática de la verificación de supuestos (normalidad y homogeneidad de varianzas), así como errores en la formulación de hipótesis, indican una comprensión parcial del proceso inferencial, enfocada en lo procedimental más que en su lógica conceptual.

Finalmente, la evaluación de la propuesta de enseñanza basada en proyectos arroja un balance positivo pero con importantes matices. La metodología se ha mostrado exitosa en consolidar una base de alfabetización estadística sólida y en iniciar a los estudiantes en el razonamiento inferencial. Además, parece haber contribuido a homogeneizar las trayectorias formativas entre carreras, atenuando las posibles desigualdades de formación disciplinar.

Estos hallazgos evidencian que el dominio técnico no garantiza el desarrollo de una forma de razonar la estadística con una visión crítica y contextualizada de la situación que se pretende analizar. En nuestro caso de estudio, observamos que aún no logramos cerrar la brecha entre el "hacer" estadística y "pensar" estadísticamente y esto no necesariamente se encuentra asociado a la propuesta pedagógica aquí evaluada. En este sentido, la brecha o desconexión observada puede ser el reflejo de una formación previa centrada

exclusivamente en lo operativo-determinístico, lo cual podría haber limitado la atención de los estudiantes hacia otros aspectos clave del razonamiento, como la reflexión crítica y el cuestionamiento metodológico. Los resultados refuerzan la idea de que, para formar profesionales competentes, es necesario complementar el trabajo con datos con una instrucción intencionada y sostenida centrada fundamentalmente en la reflexión crítica, la argumentación contextualizada y la lógica fundamental de la inferencia.

### 7.3. Aportes de nuestro estudio

La investigación aquí presentada realiza una contribución original al campo de la Educación Estadística al proponer y validar un marco de análisis integrado que articula tres dimensiones del pensamiento estadístico: Alfabetización Estadística, Razonamiento Inferencial Informal y Razonamiento Inferencial Formal. A diferencia de otros estudios que abordan estos constructos de manera separada, nuestro trabajo ha permitido analizar los componentes del conocimiento y del razonamiento, ofreciendo una visión dinámica de cómo se construye el pensamiento estadístico en estudiantes universitarios de tres carreras de las FBCB-UNL.

En cuanto a los hallazgos, este estudio ha evidenciado una cierta disociación entre el desarrollo de las habilidades técnicas y aquellas que demandan un enfoque crítico y reflexivo. Si bien los estudiantes, lograron una sólida consolidación de las habilidades de alfabetización básicas y procedimentales, identificamos un comportamiento más moderado para habilidades de razonamiento vinculadas a la postura crítica y a la contextualización de los hallazgos. Este resultado es uno de los aportes más significativos, ya que nos permite concluir que el pensamiento crítico no emerge de forma espontánea, ni siquiera en entornos de aprendizaje activos y contextualizados, sino, por el contrario, es una habilidad que debe ser promovida de forma intencionada y explícitamente fomentada por medio de propuestas que posibiliten identificar las posibles disociaciones en los razonamientos para poder propiciar los cambios pertinentes en pos de contribuir a la mejora continua de dicha propuesta.

### 7.4. Alcances y limitaciones del estudio

El presente estudio ha permitido evaluar en profundidad una propuesta de enseñanza basada en proyectos, identificando los elementos de conocimiento y razonamiento que los estudiantes movilizaron al momento de resolver las actividades propuestas en cada instancia. A partir de ello hemos logrado caracterizar perfiles de desempeño, documentar la progresión de ciertas habilidades y detectar las barreras conceptuales más persistentes. Estos hallazgos aportan valiosa información, para la reflexión sobre las prácticas docente y el diseño de futuras intervenciones pedagógicas, particularmente en un contexto académico sobre el cual no existen estudios previos.

No obstante, somos conscientes de que este trabajo presenta una serie de limitaciones que deben ser consideradas al interpretar el alcance de sus conclusiones.

Una de las limitaciones metodológicas que consideramos pertinente mencionar es la ausencia de un grupo de control con una propuesta de enseñanza tradicional, es decir, sin el enfoque por proyectos. Si bien hemos evaluado la efectividad de la propuesta en función de los objetivos de aprendizaje esperados, la falta de una comparación directa con un enfoque más clásico no nos permite cuantificar con certeza la eficacia relativa de la metodología por proyectos. En este sentido, si bien en las primeras instancias del diseño

metodológico contemplamos esta posibilidad, finalmente optamos por descartarla dado las implicancias éticas que ello representa por el hecho de que en una misma cohorte de estudiantes de estudiantes coexistan dos metodologías o propuestas diferenciadas.

Otro aspecto que nos resulta importante resaltar, es la necesidad de que una propuesta de esta naturaleza se vería enormemente enriquecida con una instancia de presentación y defensa oral de los resultados obtenidos por los estudiantes. En este sentido, somos conscientes de que esta instancia no solo constituye un momento formativo clave para el desarrollo de competencias comunicativas, sino que también ofrece la oportunidad profundizar en aspectos del razonamiento que podrían no emerger con claridad en el informe escrito. Si bien en las primeras ediciones de la presente propuesta hemos implementado una instancia de exposición oral de los resultados, factores como la cantidad de grupos y el escaso tiempo con el que contabamos para esta instancia la tornaron inviable para nuestro contexto académico.

## Referencias Bibliográficas

---

- Almeida, C. R. de, Sousa, H. de J. de, & Cazorla, I. M. (2021). Alfabetización estadística en educación básica: los desafíos de enseñar el diagrama de caja en contexto. *Educação Matemática Pesquisa*, 23(1), 499-529. <https://doi.org/10.23925/1983-3156.2021v23i1p499-529>
- Anasagasti, J., Berciano, A., & Izagirre, A. (2023). A comparison of the effects of different methodologies on the statistics learning profiles of prospective primary education teachers from a gender perspective. *Journal on Mathematics Education*, 14(4), 741–756. <https://doi.org/10.22342/jme.v14i4.pp741-756>
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trías.
- Awuah, R., Gallagher, K. M., & Dierker, L. C. (2020). Taking project-based statistics abroad: Learning experiences and outcomes of a project-based statistics course in West Africa. *Statistics Education Research Journal*, 19(3), 18–31. <https://doi.org/10.52041/serj.v19i3.54>
- Ávila, O. B., Contini, L. E., D'Iorio, S., Walz, M. F., Berta, E. E., & Manni, D. C. (2022). Rendimiento académico en estadística, ¿cómo impactan en él las distintas estrategias de enseñanza según los planes de estudio? *Revista Binacional Brasil Argentina: Diálogo entre as Ciências*, 11(2), 82–97. <https://doi.org/10.22481/rbba.v11i02.11582>
- Bakker, A., & Derry, J. (2011). Lessons from inferentialism for statistics education. *Mathematical Thinking and Learning*, 13(1–2), 5–26. <https://doi.org/10.1080/10986065.2011.538293>
- Bakker, A., & Gravemeijer, K. P. E. (2004). Learning to reason about distribution. En D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (pp. 147–168). Kluwer Academic Publishers. [https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6\\_7](https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6_7)
- Bakker, A., Kent, P., Derry, J., Noss, R., & Hoyles, C. (2008). Statistical inference at work: Statistical process control as an example. *Statistics Education Research Journal*, 7(2), 130–145. <https://doi.org/10.52041/serj.v7i2.473>
- Ballester Brage, L., Nadal Cristóbal, A., Amer Fernández, J., & Quesada Serra, V. (2022). *Métodos y técnicas de investigación educativa* (3.<sup>a</sup> ed.). Edicions UIB.
- Barrios Sandoval, S., & Medina Mariño, A. C. (2019). Aprendizaje basado en proyectos en contexto: estrategia para desarrollar el razonamiento estadístico. *Educación Y Ciencia*, (22), 17–32. <https://doi.org/10.19053/0120-7105.eyc.2019.22.e10037>
- Batanero, C. (2002). Los retos de la cultura estadística [Conferencia inaugural]. *Jornadas Interamericanas de Enseñanza de la Estadística*, Buenos Aires, Argentina.
- Batanero, C. (2011, 26-30 de junio). *Del análisis de datos a la inferencia: Reflexiones sobre la formación del razonamiento estadístico [Ponencia]*. XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática, Recife, Brasil. [https://xiii.ciaem-redumate.org/index.php/xiii\\_ciaem/xiii\\_ciaem/paper/viewFile/740/1138](https://xiii.ciaem-redumate.org/index.php/xiii_ciaem/xiii_ciaem/paper/viewFile/740/1138)

- Batanero, C., & Díaz, C. (Eds.). (2011). Estadística con proyectos. Departamento de Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada.
- Batanero, C. (2013). Del análisis de datos a la inferencia: Reflexiones sobre la formación del razonamiento estadístico. Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática, 11, 277-291.
- Batanero, C., Díaz, C., Contreras, J. M., & Roa, R. (2013). El sentido estadístico y su desarrollo. Números: *Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 83, 7–18. <https://funes.uniandes.edu.co/funes-documentos/el-sentido-estadistico-y-su-desarrollo/>
- Batanero, C., Vera, O., Díaz, C. (2012). Dificultades de estudiantes de Psicología en la comprensión del contraste de hipótesis. *Números Revista Didáctica de las Matemáticas*, (80), 91-101.
- Ben-Zvi, D. (2006). Scaffolding students' informal inference and argumentation. En A. Rossman & B. Chance (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics*. International Statistical Institute.
- Ben-Zvi, D., & Garfield, J. (2004). Statistical literacy, reasoning, and thinking: Goals, definitions, and challenges. En D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (pp. 3–15). Kluwer Academic Publishers. [https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6\\_1](https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6_1)
- Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy*. Academic Press.
- Cochran, W. G. (1977). Sampling techniques. John Wiley & Sons.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Sage Publications.
- delMas, R., Garfield, J., Ooms, A., & Chance, B. (2007). Assessing students' conceptual understanding after a first course in statistics. *Statistics Education Research Journal*, 6(2), 28–58. <https://doi.org/10.52041/serj.v6i2.483>
- Díaz-Levicoy, D. A., Aguayo Arriagada, C. G., & Cortés Toro, C. I. (2014). Enseñanza de la estadística mediante proyectos y su relación con teorías de aprendizaje. *Revista Premisa*, 16(62), 16–23.
- Edwards, T. G., Özgün-Koca, A., & Barr, J. (2017). Interpretations of Boxplots: Helping Middle School Students to Think Outside the Box. *Journal of Statistics Education*, 25(1), 21–28. <https://doi.org/10.1080/10691898.2017.1288556>
- Estrada, A., & Díaz Batanero, C. (2007). Errores en el cálculo de probabilidades en tablas de doble entrada en profesores en formación. En M. Camacho, P. Flores, & P. Bolea (Eds.), *Revista de didáctica de las matemáticas*, 44, 48-58.
- Estrella, S. (2017). Enseñar estadística para alfabetizar estadísticamente y desarrollar el razonamiento estadístico. En A. Salcedo (Ed.), *Alternativas pedagógicas para la educación matemática del siglo XXI* (pp. 173–194). Centro de Investigaciones Educativas, Universidad Central de Venezuela.
- Figueroa, S. M., & Aznar, M. A. (2018). Razonamiento estadístico en estudiantes de ingeniería. *Yupana*, (12), 23–39.

- Flores, A., & Pinto, J. (2017). Características de la enseñanza de la estadística por proyectos. En L. Serna (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*. México DF, México
- Franklin, C., Kader, G., Mewborn, D., Moreno, J., Peck, R., Perry, M., & Scheaffer, R. (2007). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE) report: A Pre-K–12 curriculum framework*. American Statistical Association. [https://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GAISEPreK-12\\_Full.pdf](https://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GAISEPreK-12_Full.pdf)
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70(1), 1–51. <https://doi.org/10.2307/1403713>
- Gal, I. (2004). Statistical Literacy: meanings, components, responsibilities. En: D. Ben-Zvi y J. Garfield (eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking*, pp. 47 – 78. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Gal, I. (2019). Understanding statistical literacy: About knowledge of contexts and models. En J. M. Contreras, M. M. Gea, M. M. López-Martín, & E. Molina-Portillo (Eds.), *Actas del Tercer Congreso Internacional Virtual de Educación Estadística* (pp. 12–26). Grupo de Investigación FQM-126, Universidad de Granada. [www.ugr.es/local/fqm126/civeest.html](http://www.ugr.es/local/fqm126/civeest.html)
- García-García, J. I., Chávez, G., Tauber, L., & Fernández, N. (2022). Elementos de conocimiento de la alfabetización estadística en el razonamiento inferencial informal de estudiantes de educación media. En S. A. Peters, L. Zapata-Cardona, F. Bonafini, & A. Fan (Eds.), *Bridging the Gap: Empowering & Educating Today's Learners in Statistics. Proceedings of the 11th International Conference on Teaching Statistics* (ICOTS11 2022). International Association for Statistical Education. [https://fpce.uc.pt/iase-web/icots/11/proceedings/pdfs/ICOTS11\\_438\\_GARCAGAR.pdf](https://fpce.uc.pt/iase-web/icots/11/proceedings/pdfs/ICOTS11_438_GARCAGAR.pdf)
- Garfield, J. B., & Ben-Zvi, D. (Eds.). (2008). *Developing students' statistical reasoning: Connecting research and teaching practice*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8383-9>
- Garfield, J., & Gal, I. (1999). Towards an understanding of statistical thinking. In L. V. Stiff (Ed.), *Developing mathematical reasoning in grades K–12: 1999 yearbook* (pp. 207–216). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Garfield, J., delMas, R., & Chance, B. (2003). The web-based ARTIST: Assessment resource tools for improving statistical thinking [Paper presentation]. AERA Annual Meeting, Chicago, IL, United State.
- Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2008). Learning to reason about statistical inference. En J. Garfield & D. Ben-Zvi (Eds.), *Developing students' statistical reasoning: Connecting research and teaching practice* (pp. 351–389). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8383-9\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8383-9_13)
- Garfield, J., Le, L., Zieffler, A., & Ben-Zvi, D. (2015). Developing students' reasoning about samples and sampling variability as a path to expert statistical thinking. *Educational Studies in Mathematics*, 88(3), 327–342. <https://doi.org/10.1007/s10649-014-9541-7>
- Garibotti, G., Zacharías, D., Treuque, J., Guardamagni, A., Huaylla, C., Vega, R., Miori, G., & Viozzi, G. (2020). Una propuesta de enseñanza de estadística en la escuela secundaria mediante el abordaje de problemas comunitarios. *Contextos de Educación*, 20(28), 1-14. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/147420>

- Godino, J. D., Batanero, C., & Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *ZDM. The International Journal on Mathematics Education*, 39(1-2), 127-135. <https://doi.org/10.1007/s11858-006-0004-1>
- Godino, J. D., Batanero, C., & Font, V. (2019). The onto-semiotic approach: implications for the prescriptive character of didactics. *For the Learning of Mathematics*, 39(1), 37-42. <https://doi.org/10.46219/rechiem.v12i2.25>
- Goss, J. M. (2014). *A method for assessing and describing the informal inferential reasoning of middle school students* [Tesis doctoral, Western Michigan University]. ScholarWorks at WMU. <https://scholarworks.wmich.edu/dissertations/278>
- Harradine, A., Batanero, C., & Rossman, A. (2011). Students and teachers' knowledge of sampling and inference. En C. Batanero, G. Burrill, & C. Reading (Eds.), *Teaching statistics in school mathematics-challenges for teaching and teacher education: A joint ICMI/IASE study* (pp. 235–246). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1131-0\\_24](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1131-0_24)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Hoekstra, R., Kiers, H. A. L., & Johnson, A. (2012). Are assumptions of well-known statistical techniques checked, and why (not)? *Frontiers in Psychology*, 3, Article 137. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00137>
- Holmes, P. (1997). Assessing project work by external examiners. En I. Gal & J. B. Garfield (Eds.), *The assessment challenge in statistics education* (pp. 153–164). IOS Press. <https://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/assessbk/chapter12.pdf>
- Huang, W., London, J. S., & Perry, L. A. (2023). Project-based learning promotes students' perceived relevance in an engineering statistics course: A comparison of learning in synchronous and online learning environments. *Journal of Statistics and Data Science Education*, 31(2), 179–187. <https://doi.org/10.1080/26939169.2022.2128119>
- Huey, M. E. (2011). *Characterizing middle and secondary preservice teachers' change in inferential reasoning* [Tesis doctoral no publicada, University of Missouri-Columbia]. <https://eric.ed.gov/?id=ED550361>
- Inzunza Cazares, S. (2017). Potencial de los proyectos para desarrollar motivación, competencias de razonamiento y pensamiento estadístico. *Actualidades Investigativas en Educación*, 17(3), 1–30. <https://doi.org/10.15517/aie.v17i3.29874>
- Inzunsa Cazares, S., & Jiménez Ramírez, J. V. (2013). Caracterización del razonamiento estadístico de estudiantes universitarios acerca de las pruebas de hipótesis. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 16(2), 179-211. <https://doi.org/10.12802/relime.13.1622>
- Inzunza Cazares, S., & Serrano Enciso, S. (2022). Alfabetización y razonamiento estadístico de estudiantes mexicanos al concluir el bachillerato. *Revista Chilena de Educación Matemática*, 14(3), 101–117. <https://doi.org/10.46219/rechiem.v14i3.101>
- Jacob, B. L., & Doerr, H. M. (2014). Statistical reasoning with the sampling distribution. En K. Makar, B. de Sousa, & R. Gould (Eds.), *Sustainability in statistics education: Proceedings of the Ninth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS9)* (pp. 1–6). International Statistical Institute. <https://quadrante.apm.pt/article/download/22905/16971/88275>

- Kemmis, S., & McTaggart, R. (2005). Participatory action research: Communicative action and the public sphere. En N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The SAGE handbook of qualitative research* (3rd ed., pp. 559–603). Sage Publications.
- Konold, C., Pollatsek, A., Well, A., & Gagnon, A. (1996). Students analyzing data: Research of critical barriers. En J. Garfield & J. L. Snell (Eds.), *The role of technology in teaching and learning statistics* (pp. 151–167). International Association for Statistical Education.
- Lane-Getaz, S. J. (2013). Development of a reliable measure of students' inferential reasoning ability. *Statistics Education Research Journal*, 12(1), 20–47. <https://iase-pub.org/ojs/SERJ/article/view/320>
- López-Martín, M. D. M., Batanero, C., & Gea, M. M. (2019). ¿Conocen los futuros profesores los errores de sus estudiantes en la inferencia estadística? *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 33(64), 672-693. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v33n64a11>
- Lugo-Armenta, J. G., & Pino-Fan, L. R. (2021). Niveles de razonamiento inferencial para el estadístico t-Student. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 35(71), 1776–1802. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n71a25>
- Lugo-Armenta, J. G., & Pino-Fan, L. R. (2022). Razonamiento inferencial de docentes de matemáticas de enseñanza media sobre el estadístico t-Student. *Uniciencia*, 36(1), 1–29. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.25>
- Makar, K., & Rubin, A. (2009). A framework for thinking about informal statistical inference. *Statistics Education Research Journal*, 8(1), 82–105. <https://doi.org/10.52041/serj.v8i1.457>
- Moore, D. S. (1997). New pedagogy and new content: The case of statistics. *International Statistical Review*, 65(2), 123–165. <https://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/isr/97.Moore.pdf>
- Moore, D. S. (2010). *The basic practice of statistics* (5th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Nazzaro, V., Rose, J., & Dierker, L. (2020). A comparison of future course enrollment among students completing one of four different introductory statistics courses. *Statistics Education Research Journal*, 19(3), 6–17. <https://doi.org/10.52041/serj.v19i3.53>
- Olivo Suárez, E. (2008). Significado de los intervalos de confianza para los estudiantes de ingeniería en México [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. Repositorio Institucional de la Universidad de Granada. <http://hdl.handle.net/10481/2063>
- Olivo, E., Batanero, C., & Díaz, C. (2008). Dificultades de comprensión del intervalo de confianza en estudiantes universitarios. *Educación Matemática*, 20(3), 5–32.
- Papalia, D. (2009). Psicología del desarrollo de la infancia a la adolescencia. México, McGraw Hill/Interamericana Editores.
- Park, J. (2013). Designing an assessment to measure students' inferential reasoning in statistics: The first study, development of a test blueprint. *Research in Mathematical Education (Korean Society of Mathematical Education)*, 17(4), 243–266. <https://doi.org/10.7468/jksmed.2013.17.4.243>
- Pfannkuch, M. (2006). Informal inferential reasoning. In A. Rossman & B. Chance (Eds.), Working cooperatively in statistics education. *Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics (ICOTS 7)*. International Statistical Institute.

- Pfannkuch, M. (2007). Year 11 students' informal inferential reasoning: A case study about the interpretation of box plots. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 2(3), 149-167. <https://doi.org/10.29333/iejme/181>
- Pfannkuch, M., & Ben-Zvi, D. (2011). Developing teachers' statistical thinking. En C. Batanero, G. Burrill, & C. Reading (Eds.), *Teaching statistics in school mathematics-challenges for teaching and teacher education: A joint ICMI/IASE study* (pp. 323–333). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1131-0\\_31](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1131-0_31)
- Pfannkuch, M., & Wild, C. J. (2000). Statistical thinking and statistical practice: Themes gleaned from professional statisticians. *Statistical Science*, 15(2), 132–152. <https://doi.org/10.1214/ss/1009212754>
- Pfannkuch, M., & Wild, C. (2004). Towards an understanding of statistical thinking. *Journal of Mathematics Education*, 8(2), 17–26.
- Piaget, J. (1983). La psicología de la inteligencia. Crítica.
- Pinto Sosa, J. (2020). El cambio en el currículo en Educación Estadística en el ámbito universitario: Dificultades y retos. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 3(2), 56-74.
- Pinto Sosa, J. (2022). Estadística con proyectos: una propuesta para la formación del profesorado. En A. Salcedo y D. Díaz-Levicoy (Eds.), *Formación del Profesorado para Enseñar Estadística: Retos y Oportunidades* (pp. 47-75). Centro de Investigación en Educación Matemática y Estadística. Universidad Católica del Maule
- Presmeg, N. (2014). Semiotics in Mathematics Education. En S. Lerman (Eds.), *Encyclopedia of Mathematics Education*. Springer.
- Roldán López de Hierro, A. F., Batanero, C., & Álvarez-Arroyo, R. (2020a). Comprensión del intervalo de confianza por estudiantes de Bachillerato. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, (18), 103–117. <https://doi.org/10.35763/aiem.v0i18.284>
- Roldán López de Hierro, A. F., Batanero, C., & Álvarez-Arroyo, R. (2020b). Comprensión del intervalo de confianza: Un estudio comparado con estudiantes universitarios y preuniversitarios. *Revista Paranaense de Educação Matemática*, 9(19), 52–73. <https://doi.org/10.33871/22385800.2020.9.19.52-73>
- Rubin, A., Hammerman, J., & Konold, C. (2006). Exploring informal inference with interactive visualization software. In A. Rossman & B. Chance (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics* (ICOTS7). International Statistical Institute.
- Santellán, S. M. (2019). *Elementos de Inferencia Estadística Informal evidenciados en tareas aplicadas a estudiantes de Psicología* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Litoral]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Litoral. <https://hdl.handle.net/11185/6349>
- Santellán, S. M., & Tauber, L. M. (2020). Elementos e indicadores de conocimiento y de razonamiento implicados en una tarea de inferencia estadística informal. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 33(1), 15–28.
- Santoyo Telles, F. (2020). La enseñanza de la estadística en el contexto de la sociedad del dato: Desafíos y reflexiones. *Journal de Ciencias Sociales*, 10(18), 88-106. <https://doi.org/10.18682/jcs.vi18.4338>

- Serrano Enciso, S., Inzunza Cázares, S., & Penagos, M. (2021). Alfabetización y razonamiento estadístico de estudiantes universitarios en el sur de Colombia. *Revista Electrónica AMIUTEM*, 9(2), 1–15. [https://revista.amiutem.edu.mx/index.php/relecamiumtem/article/view/220/pdf\\_119](https://revista.amiutem.edu.mx/index.php/relecamiumtem/article/view/220/pdf_119)
- Sosa Escudero, W. (2014). *Qué es (y qué no es) la estadística: Usos y abusos de una disciplina clave en la vida de los países y las personas*. Siglo Veintiuno Editores.
- Sotos, A. E. C., Vanhoof, S., Van Den Noortgate, W. & Onghena, P. (2007) Students' misconceptions of statistical inference: a review of the empirical evidence from research on statistics education. *Educ. Res. Rev.*, 2, 98–113. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.04.001>
- Tauber, L., & Bertero, C. (2019). Elementos de razonamiento informal evidenciados en tareas de inferencia estadística. *Contextos de Educación*, 19(26), 136–150.
- Tauber, L., & Santellán, S. (2019). Relaciones entre elementos de conocimiento y de razonamiento inferencial en tareas de inferencia informal. En J. M. Contreras, M. M. Gea, M. M. López-Martín, & E. Molina-Portillo (Eds.), *Actas del Tercer Congreso International Virtual de Educación Estadística*. Grupo de Investigación FQM-126, Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/55231>
- Tauber, L., & Santellán, S. (2022). Propuesta evaluativa orientada a la formación del pensamiento estadístico en futuros profesores de matemática. En A. Salcedo & D. Díaz-Levicoy (Eds.), *Formación del profesorado para enseñar estadística: Retos y oportunidades* (pp. 265–295). Centro de Investigación en Educación Matemática y Estadística, Universidad Católica del Maule.
- Tauber, L. (2001). *La construcción del significado de la distribución normal a partir de actividades de análisis de datos*. [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla]. Repositorio institucional de la Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/server/api/core/bitstreams/10b58a33-5ce7-4fc9-af30-85c5b6229ae5/content>
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. The Autodesk Foundation. [http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL\\_Research.pdf](http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf)
- Tobías-Lara, M. G., & Gómez-Blancarte, A. L. (2019). Assessment of informal and formal inferential reasoning: A critical research review. *Statistics Education Research Journal*, 18(1), 8–25. <https://doi.org/10.52041/serj.v18i1.147>
- Wallman, K. K. (1993). Enhancing statistical literacy: Enriching our society. *Journal of the American Statistical Association*, 88(421), 1–8. <https://doi.org/10.1080/01621459.1993.10594283>
- Weinberg, A., Wiesner, E., & Pfaff, T. J. (2010). Using informal inferential reasoning to develop formal concepts: Analyzing an activity. *Journal of Statistics Education*, 18(2), 1–23. <https://doi.org/10.1080/10691898.2010.11889494>
- Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1998). What is statistical thinking? In L. Pereira-Mendoza, L. S. Kee, T. W. Wong, & W. K. Ang (Eds.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS 5)* (pp. 335–341). International Statistical Institute.
- Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223–265.

Wild, C., & Pfannkuch, M. (2004). Towards an understanding of statistical thinking. En D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (pp. 17–46). Kluwer Academic Publishers.  
[https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6\\_2](https://doi.org/10.1007/1-4020-2278-6_2)

Zapata Cardona, L. (2011). ¿Cómo contribuir a la alfabetización estadística? *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (33), 234–247.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194218961013>

Zapata-Cardona, L. (2018). Enseñanza de la estadística desde una perspectiva crítica. *Yupana*, 10(16), 30–41. <https://doi.org/10.14409/yu.v0i10.7695>

Zelterman, D. (2015). Applied Multivariate Statistics with R. Springer. Serie Statistics for Biology and Health.

Zieffler, A., Garfield, J., delMas, R., & Reading, C. (2008). A framework to support research on informal inferential reasoning. *Statistics Education Research Journal*, 7(2), 40–58.  
<https://doi.org/10.52041/serj.v7i2.469>

### FACTORES DE RIESGO PARA EL DESARROLLO DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES Y METABÓLICAS

**Autores:**

#### **Introducción**

Dentro de la categoría de las enfermedades no transmisibles se encuentran las enfermedades cardiovasculares (ECV); que constituyen la principal causa de discapacidad y muerte prematura en todo el mundo con altos costos para la atención sanitaria (OMS 2018). Al respecto, el Síndrome Metabólico (SM) es una enfermedad asociada a determinados factores de riesgo y es considerado como un condicionante para las enfermedades cardiovasculares (ECV).

Los factores de riesgo (FR) asociados al SM clasificados por la OMS son los “no modificables” (edad, sexo, herencia y genética), los “metabólicos/fisiológicos” (obesidad, hipertrigliceridemia, hipertensión arterial, glucemia elevada o diabetes mellitus, bajos niveles de HDLc) y los “conductuales modificables” (tabaco, dieta inadecuada, alcohol, inactividad física) que precisamente son de gran interés, ya que en ellos cabe actuar de forma preventiva (OMS 2018). Se ha demostrado que el consumo de tabaco, una dieta pobre en frutas y verduras, sedentarismo (realizar menos de 150 minutos de actividad física moderada semanal) y un consumo excesivo de bebidas alcohólicas generan un estilo de vida poco saludable aumentando el riesgo de elevar la glucemia, la presión arterial y el peso corporal. Así mismo, la presión arterial sistólica elevada se relaciona tanto con el estado nutricional como con las ECV.

#### **Objetivo general**

Evaluar el comportamiento y las relaciones de determinadas variables involucradas en el síndrome metabólico y en el estilo de vida de las personas en una población determinada.

#### **Objetivos específicos**

*Para el tema: Estadística descriptiva*

- 1) Describir la situación del SM según el sexo del individuo.
- 2) Describir el comportamiento de la variable presión arterial sistólica en personas con y sin SM.
- 3) Describir el estilo de vida de las personas con SM.

*Para el tema: Estimación y Pruebas de hipótesis*

- 4) Estimar la proporción de sujetos con estilo de vida saludable.
- 5) Evaluar si la presión sistólica elevada, en promedio, es la misma en sujetos con y sin SM.
- 6) Evaluar si la concentración promedio de triglicéridos es la misma antes y después de los 6 meses de tratamiento.

#### **Metodología**

El estudio se realizó en el año 2020 e involucró a 120 personas de entre 40 y 60 años seleccionados aleatoriamente de una determinada población, que aceptaron participar en el estudio.

Los parámetros relevados en cada sujeto fueron: circunferencia de cintura (CC), presión arterial sistólica (PAS) y presión arterial diastólica (PAD), estado nutricional, glucemia (GL), triglicéridos (TG) y lipoproteína de alta densidad (HDL).

Para determinar cuáles de las variables se encontraban alteradas se tuvieron en cuenta los siguientes criterios establecidos por la OMS: la CC se considera alterada si su valor es  $\geq 80$  cm en mujeres y  $\geq 90$  cm en hombres; la GL se encuentra alterada si la concentración es mayor a 100 mg/dL; la PAS y la PAD si al menos una de las dos es mayor o igual a 130 y 85 mmHg, respectivamente; la TG se presenta alterada cuando los niveles en sangre son mayores a 150 mg/dL, y finalmente la concentración de HDL se encuentra alterada si es menor a 50 mg/dL para las mujeres y a 40 mg/dL para los hombres.

Para determinar si un sujeto tenía o no SM se utilizaron criterios internacionales en los cuales se establece que deben presentar alteraciones en al menos tres de los cinco parámetros analizados (CC, GL, PA, TG y HDL).

Por otro lado, aquellos participantes que presentaban alteraciones en los valores de TG fueron sometidos a una dieta, durante un período de 6 meses, y luego se les determinó nuevamente su valor.

Por medio de encuestas se indagó sobre factores relacionados al estilo de vida tales como consumo de frutas y verduras, realización de actividad física consumo de bebidas alcohólicas y tabaquismo. Considerándose un estilo de vida poco saludable si presenta tres o más de las siguientes categorías de los factores evaluados: inadecuado consumo de frutas y verduras, inadecuada actividad física, consumo de alcohol y de tabaco.

Los datos relevados fueron cargados en una base de datos de Microsoft Excel, el análisis de estos se realizó utilizando InfoSta, para las pruebas inferenciales de estableció una significancia de 0,05.

## **Resultados**

Completar con los resultados obtenidos de las técnicas estadísticas empleadas para resolver cada objetivo planteado.

## **Discusión y Conclusión**

### **Bibliografía**

- Leiva, A. M., Petermann-Rocha, F., Martínez-Sanguinetti, M. A., Troncoso-Pantoja, C., Concha, Y., Garrido-Méndez, A., Díaz-Martínez, X., Lanuza-Rilling, F., Ulloa, N., Martorell, M., Álvarez, C., & Celis-Morales, C. (2018). Asociación de un índice de estilos de vida saludable con factores de riesgo cardiovascular en población chilena. *Revista Médica de Chile*, 146(12), 1405–1414.  
<http://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872018001201405>

- Sidebottom, A. C., Sillah, A., Vock, D. M., Miedema, M. D., Pereira, R., Benson, G., Lindberg, R., Boucher, J. L., Knickelbine, T., & VanWormer, J. J. (2018). Assessing the impact of the Heart of New Ulm Project on cardiovascular disease risk factors: A

population-based program to reduce cardiovascular disease. *Preventive Medicine*, 112, 216–221. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2018.04.016>

Organización Mundial de la Salud. (2021, 9 de junio). *Obesidad y sobrepeso*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>